



بررسی وضعیت فعلی و آینده نفت و گاز شیل در جهان با تمرکز بر ایالات متحده آمریکا



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شماره مسلسل: ۱۹۹۹۴
کد موضوعی: ۳۱۰



مرکز پژوهش‌های
مجلس شورای اسلامی

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۶/۶

عنوان گزارش:
بررسی وضعیت فعلی و آینده نفت و گاز شیل در جهان
با تمرکز بر ایالات متحده آمریکا

نوع گزارش: طرح/ لایحه ، نظارتی ، راهبردی

نام دفتر:
مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی)

مدیر مطالعه:
مرتضی نیکخواه‌نسب

تهیه و تدوین کنندگان:
امین نوربخش، علیرضا صفری (اندیشکده سیاستگذاری امیرکبیر)

ناظر علمی:
حبیب‌اله ظفریان

گرافیک و صفحه آرایی:
نفیسه حاجی صفری

ویراستار ادبی:
شیوا امین اسکندری

تاریخ شروع:
۱۴۰۲/۱۲/۱

واژه‌های کلیدی:

۱. نفت
۲. گاز
۳. شیل
۴. منابع نامتعارف
۵. ایالات متحده آمریکا
۶. انرژی



فهرست مطالب

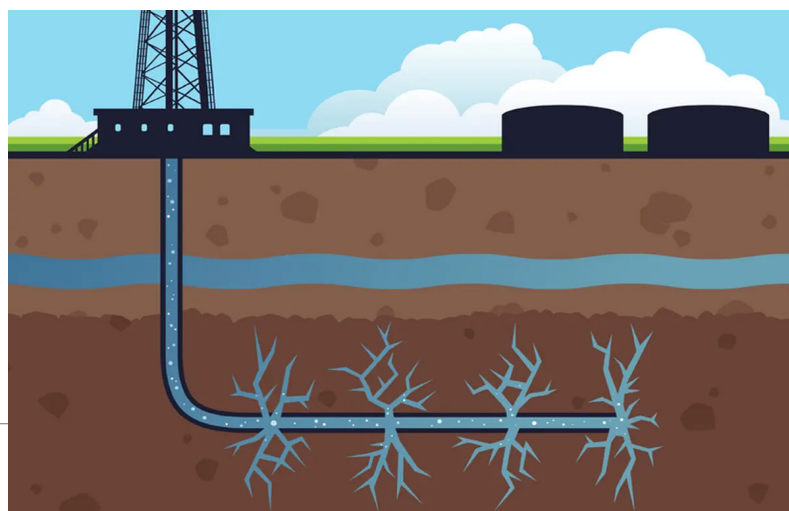
چکیده.....	۶
خلاصه مدیریتی.....	۷
۱. مقدمه.....	۸
۲. نفت و گاز شیل و نحوه استخراج آن.....	۹
۳. انقلاب شیل در ایالات متحده آمریکا.....	۱۰
۴. ذخایر شیل در جهان.....	۱۴
۵. پیش‌بینی آینده توسعه شیل‌ها.....	۲۸
۶. جمع‌بندی.....	۳۲
منابع و مآخذ.....	۳۳

فهرست شکل‌ها

شکل ۱. عملیات شکافت هیدرولیکی.....	۱۰
شکل ۲. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل ایالات متحده آمریکا.....	۱۰
شکل ۳. نمودار روند تولید نفت آمریکا از منابع شیل طی دو دهه اخیر.....	۱۱
شکل ۴. نمودار روند تولید گاز طبیعی آمریکا از منابع شیل طی دو دهه اخیر.....	۱۱
شکل ۵. نمودار روند افزایش صادرات نفت خام ایالات متحده به تفکیک مقاصد صادراتی.....	۱۳
شکل ۶. نقشه ذخایر شیل در جهان.....	۱۵
شکل ۷. نمودار حجم ذخایر نفت شیل قابل برداشت به لحاظ فنی.....	۱۵
شکل ۸. نمودار حجم ذخایر گاز طبیعی شیل قابل برداشت به لحاظ فنی.....	۱۶
شکل ۹. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل کانادا.....	۱۶
شکل ۱۰. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل مکزیک.....	۱۷
شکل ۱۱. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل آرژانتین.....	۱۹
شکل ۱۲. نمودار تاریخچه و پیش‌بینی تولید حوزه شیلی واکا موثر تا.....	۱۹
شکل ۱۳. نمودار پیش‌بینی سرمایه‌گذاری در نفت و گاز آرژانتین.....	۲۰
شکل ۱۴. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل سایر کشورهای آمریکای جنوبی.....	۲۰
شکل ۱۵. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل انگلستان.....	۲۱
شکل ۱۶. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل لهستان.....	۲۲
شکل ۱۷. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل روسیه.....	۲۳
شکل ۱۸. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل سایر کشورهای اروپا.....	۲۴
شکل ۱۹. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل استرالیا.....	۲۵
شکل ۲۰. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل چین.....	۲۶
شکل ۲۱. نمودار کشورهای مختلف از لحاظ پتانسیل توسعه نفت و گاز شیل در مقایسه با آمریکا.....	۲۸
شکل ۲۲. نمودار پیش‌بینی EIA از تولید نفت خام از منابع شیل ایالات متحده.....	۲۹
شکل ۲۳. نمودار پیش‌بینی اوپک از تولید نفت خام از منابع شیل ایالات متحده.....	۲۹
شکل ۲۴. نمودار پیش‌بینی IEA از تولید نفت خام از منابع شیل ایالات متحده.....	۳۰
شکل ۲۵. نمودار تولید نفت شیل کشورهای غیر از آمریکا.....	۳۱
شکل ۲۶. نمودار پیش‌بینی EIA از تولید گاز طبیعی از منابع شیل ایالات متحده.....	۳۱
شکل ۲۷. نمودار تولید گاز طبیعی کشورهای مختلف از منابع شیل.....	۳۲

فهرست جداول

جدول ۱. کشورهای مختلف از لحاظ پتانسیل توسعه نفت و گاز شیل در مقایسه با آمریکا.....	۲۷
جدول ۲. پیش‌بینی تولید نفت خام شیل ایالات متحده.....	۳۰



بررسی وضعیت فعلی و آینده نفت و گاز شیل در جهان با تمرکز بر ایالات متحده آمریکا

چکیده



با توجه به لزوم آگاهی از کلان‌روندها در برنامه‌ریزی انرژی کشور، لازم است ارزیابی مناسبی از تولید و عرضه نفت و گاز صورت گیرد تا سیاست مناسبی در این حوزه اتخاذ شود. یکی از عوامل مهم در آینده بازارهای نفت و گاز، توسعه نفت و گاز شیل به‌ویژه توسط آمریکا است که روی هر دو بازار نفت و گاز تأثیرات عمیقی داشته است. در این گزارش ابتدا منابع شیل و نحوه استخراج از آن به‌لحاظ فنی توضیح داده می‌شود. سپس وضعیت فعلی و پیش‌بینی تولید نفت و گاز از منابع شیل در جهان با تمرکز بر ایالات متحده (به‌عنوان کشور پیشرو در تولید از منابع شیل) مطالعه خواهد شد. آمارها نشان می‌دهد تولید از منابع نفت و گاز شیل به‌ترتیب حدود ۱۱ و ۲۱ درصد از کل تولیدات نفت و گاز جهان است و تا سال ۲۰۴۰ نیز این مقادیر تغییر چندانی نخواهد داشت. آمریکا به‌عنوان بازیگر اصلی صنعت شیل، با اتخاذ سیاست‌هایی از جمله حمایت از توسعه فناوری‌های مرتبط، لغو ممنوعیت صادرات نفت و گاز آمریکا، راه را برای افزایش سرعت رشد این صنعت هموارتر کرده است. افزایش عرضه نفت شیل در بازار باعث تقویت امکان تحریم‌پذیری نفت کشورهای هم‌چون ایران و ونزوئلا شده و رشد گاز طبیعی تولید شده از منابع شیل نیز به افزایش صادرات گاز مایع شده از آمریکا به نقاط مختلف جهان منجر شده است. از این‌رو به‌منظور حفظ و ارتقای نقش کشور در عرصه تجارت نفت و گاز، اتخاذ سیاست‌هایی برای کاهش تهدیدهای نفت و گاز شیل ضروری است.

خلاصه مدیریتی

بیان / شرح مسئله

با توجه به لزوم آگاهی از کلان روندها در برنامه ریزی انرژی کشور، لازم است ارزیابی مناسبی از تولید و عرضه نفت و گاز در آینده بلندمدت صورت گیرد تا سیاست مناسبی در این حوزه اتخاذ شود. یکی از عوامل مهم در آینده بازارهای نفت و گاز، توسعه شیل نفت و شیل گاز به ویژه در آمریکاست که روی هر دو بازار نفت و گاز تأثیرات عمیقی داشته است. این کشور در دو دهه اخیر به بزرگترین تولیدکننده نفت و گاز از منابع شیل تبدیل شده و علاوه بر انتفاع اقتصادی، به دنبال اثرگذاری سیاسی در معادلات جهانی از طریق ابزار انرژی است. در این گزارش به نفت و گاز شیل، وضعیت فعلی و آتی آن در ایالات متحده و دیگر کشورها و تأثیر آن بر بازار نفت و گاز جهان پرداخته می شود.

نقطه نظرها / یافته های کلیدی

- دو فناوری شکافت هیدرولیکی و حفاری انحرافی نقش جدی در توسعه برداشت اقتصادی از شیلها داشته اند.
- ایالات متحده آمریکا علاوه بر دارا بودن ظرفیت های مناسب طبیعی، با اتخاذ سیاست هایی از جمله حمایت از توسعه فناوری های مرتبط طی سال های گذشته و همچنین لغو ممنوعیت صادرات نفت و ال ان جی آمریکا و خروج از پیمان آب و هوایی پاریس، که دو مورد اخیر در دولت ترامپ انجام شد، راه را برای افزایش سرعت رشد صنعت شیل هموارتر نمود. همچنین از آنجا که به علت وجود گاز فراوان در میادین نفت شیل، توسعه میادین نفتی نیز در گرو وجود تجهیزات فراوری و انتقال گاز است، وجود زیرساخت های لازم در آمریکا، تسریع توسعه این صنعت را در این کشور موجب شده است. بررسی ها نشان می دهد بعد از آمریکا کشورهای کانادا، چین و آرژانتین، البته با اختلاف زیاد نسبت به آمریکا، از ظرفیت نسبتاً مناسبی برای توسعه صنعت شیل برخوردارند.
- در حال حاضر ایالات متحده با تولید ۸ میلیون بشکه در روز نفت و ۸۰۰ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در سال، بیش از ۸۰ درصد از نفت و گاز تولیدی از منابع شیل را در جهان به خود اختصاص داده و حدود دوسوم از نفت و گاز تولیدی خود را از این منابع استخراج می کند. کانادا، آرژانتین و چین با اختلاف زیاد در رتبه های بعدی هستند. تولید نفت و گاز دیگر کشورها غیر از ایالات متحده در مجموع به ترتیب حدود ۹۰۰ هزار بشکه در روز و ۱۳۰ میلیارد مترمکعب در سال است. بنابراین مجموع تولید از منابع نفت و گاز شیل به ترتیب حدود ۱۱ و ۲۱ درصد از کل تولیدات نفت و گاز در جهان است.
- راجع به تولید شیل در سال ۲۰۴۰، جمع بندی پیش بینی های مؤسسات مختلف از جمله IEA، EIA، اوپک و ریستاد انرژی نشان می دهند در تولید نفت شیل کشورهای ایالات متحده ۹۰۰۰، آرژانتین ۷۰۰، کانادا ۷۰۰ و روسیه ۴۵۰ هزار بشکه در روز و در تولید گاز ایالات متحده ۹۵۰، چین ۱۰۰، کانادا ۶۵ و آرژانتین ۶۰ میلیارد مترمکعب از منابع شیل تولید خواهند داشت. به علت رشد تولید گاز از شیلها، از سال ۲۰۲۰ هم اکنون آمریکا به صادرکننده خالص گاز طبیعی تبدیل شده است و پیش بینی می شود مقدار خالص صادرات در سال های آتی افزایش یابد.
- از تأثیرات گاز شیل بر بازار می توان به کاهش قیمت گاز در منطقه آمریکای شمالی، صادرات گاز مایع شده از آمریکا به نقاط مختلف جهان، ایجاد انتخاب های جدید برای واردکنندگان گاز و کاهش سهم زغال سنگ در سبد انرژی مصرفی آمریکا اشاره کرد.
- در مقایسه با توسعه میادین نفتی متعارف، توسعه میادین شیل با هزینه اولیه کم و هزینه جاری زیاد همراه بوده و بازگشت سرمایه این پروژه ها در زمان کوتاه تری اتفاق می افتد. لذا تولیدکنندگان از این میادین به سرعت به افزایش یا کاهش قیمت نفت واکنش نشان می دهند. این موضوع به محدودیت قدرت اوپک در تنظیم قیمت ها منجر شده است.

پیشنهادها و راهکار تقنینی، نظارتی یا سیاستی

- تقویت امکان حذف نفت ایران از بازار نفت و تحریم فروش آن از تبعات توسعه نفت شیل بوده است. در مورد بازار گاز نیز آمریکا برای انتفاع اقتصادی و سیاسی از حجم عظیم گاز شیل تولیدی خود، به صادرات و کمک به توسعه ال ان جی در کشورهای دیگر اقدام کرده که باعث شده است بازار گاز تا حدی از حالت منطقه ای بودن خارج شود. لذا کشورهای صادرکننده گاز به ویژه روسیه در تعامل با مشتریان خود در موضع ضعیف تری نسبت به گذشته قرار گرفته اند.

تعامل با کشورهای صادرکننده سنتی نفت به‌ویژه از طریق اوپک و نیز هماهنگی با کشورهای بزرگ دارنده گاز و استفاده از ظرفیت مجمع کشورهای صادرکننده گاز برای کاهش آسیب‌های ناشی از افزایش تولید نفت و گاز شیل باید در دستور کار کشور قرار گیرد. همچنین به‌منظور کسب سهم جدی از بازار گاز منطقه و جلوگیری از حضور رقاباتی مانند ال‌ان‌جی آمریکا در این بازار، باید رویکرد تبدیل شدن ایران به مرکز مبادلات (هاب) انرژی منطقه با محوریت تجارت گاز که در برنامه هفتم نیز بدان تاکید شده است، به‌طور جدی پیگیری شود.

۱. مقدمه

بررسی روند توسعه بهره‌برداری از منابع نفت و گاز شیل در چند سال اخیر و تأثیرات آن بر اقتصاد و سیاست انرژی جهان، گویای علت استفاده از عبارت «انقلاب شیل»^۱ است. شیل نوعی سنگ رسوبی بسیار فشرده است که می‌تواند حاوی هیدروکربن باشد.^۲ این منابع هیدروکربنی تا چند دهه اخیر قابل برداشت نبودند اما با توسعه فناوری‌های حفاری افقی و به‌ویژه شکافت هیدرولیکی، بهره‌برداری اقتصادی از این منابع امکان‌پذیر گردید. بی‌جانیست اگر یکی از تأثیرگذارترین نوآوری‌های فناوری در حوزه صنعت طی ۶۰ سال اخیر را توسعه فناوری‌های استخراج منابع شیل بدانیم. ایالات متحده پیشگام استفاده از این فناوری بوده و این کشور هم‌اکنون با فاصله‌ای بسیار از دیگر کشورها در این زمینه جلو تر است.

رشد چشمگیر تولید نفت و گاز از منابع شیل، سبب ایجاد تغییرات عمده‌ای در بازار انرژی شد که تأثیرات آن از لحاظ شدت با تأثیر ظهور گوشی‌های هوشمند بر ارتباطات قابل مقایسه است. توسعه این صنعت باعث شد تولید نفت و گاز آمریکا از منابع شیل به ترتیب از ۳۵۰ هزار بشکه در روز و ۳۱ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۰۵ به ۸٫۴ میلیون بشکه در روز و ۸۰۰ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۲۳ برسد. به لحاظ سهم تولید نیز سهم شیل هادر تولید نفت و گاز آمریکا از حدود ۶ درصد در سال ۲۰۰۵ به بیش از ۶۰ درصد در سال‌های اخیر رسیده است. این افزایش ناگهانی عرضه به کاهش قیمت جهانی نفت (و بعدتر در ابعاد محدودتر قیمت گاز)، کاهش اثرگذاری اوپک بر بازار نفت، کاهش وابستگی ایالات متحده به واردات نفت و گاز و تغییر روند تجارت نفت و گاز منجر گردید.

با رشد چشمگیر تولید از منابع شیل در آمریکا، دیگر کشورها نیز به فکر استخراج این منابع افتادند. کانادا، آرژانتین، چین، انگلستان، لهستان و استرالیا - اگرچه پتانسیل تولید این کشورها در حاله‌ای از ابهام قرار دارد - از جمله کشورهایی هستند که در سال‌های اخیر اقدام‌های اولیه برای اکتشاف و استخراج منابع شیل خود انجام داده‌اند.

در این گزارش تلاش می‌شود با بررسی گذشته و حال، وضعیت این صنعت در آینده پیش‌بینی گردد تا مسئولان حوزه نفت و گاز کشور با اطلاعات دقیق‌تری برای صنعت نفت و گاز کشور تصمیم‌گیری نمایند. بدین منظور، ابتدا به صورت خلاصه شیل و نحوه استخراج نفت و گاز از آن شرح داده می‌شود. در بخش دوم به صنعت شیل در ایالات متحده و علل توسعه آن پرداخته می‌شود. در بخش سوم ظرفیت توسعه شیل دیگر کشورهای جهان در مقایسه با آمریکا مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس به پیش‌بینی‌ها در مورد روند تولید نفت و گاز از منابع شیل در آمریکا و دیگر کشورها پرداخته می‌شود.

1. Shale Revolution

۲. توجه به تعاریف زیر جهت درک بهتر تفاوت بین نفت شیل با دیگر مفاهیم مشابه ضروری است:

نفت سبک مخازن کم‌تراوا (Tight Oil یا Light Tight Oil): نفتی که داخل سنگ کم‌تراوا یا ناتراوا، معمولاً شیل یا ماسه سنگ، بوده و با شکافت هیدرولیکی استخراج می‌شود. این نوع نفت با عنوان نفت شیل (shale oil) هم خوانده می‌شود. اگرچه چون بعضاً این نفت از مخازن ماسه‌سنگی هم استخراج می‌شود این عبارت چندان دقیق نیست، اما در این گزارش به‌علت رواج بیشتر اصطلاح نفت شیل در ادبیات فارسی صنعت نفت، از این عبارت استفاده می‌شود.

شیل نفتی (Oil Shale): کروزنی که داخل شیل بوده و هنوز به‌نفت تبدیل نشده است. برای تبدیل شدن به نفت باید از روش‌های پیرولیز استفاده کرد. شن‌های نفتی (Oil Sand): این نفت از سنگ‌های رسوبی‌ای که داخل آنها بیتومن (نفت بسیار سنگین) وجود دارد و از طریق رقیق کردن با میعانات یا نفت خیلی سبک از سنگ استخراج می‌شود یا هیدروکربن موجود در آنها یا به‌صورت مستقیم و به‌عنوان یک سوخت کم‌کیفیت سوزانده می‌شود.

۲. نفت و گاز شیل و نحوه استخراج آن

در یک دسته‌بندی کلی، مخازن نفت و گاز به دو گروه مخازن متعارف و مخازن نامتعارف تقسیم می‌شوند. مخازن متعارف به آن دسته از مخازن نفت و گاز گفته می‌شود که با روش‌های متداول و اولیه حفاری که شامل حفر چاه عمودی است، به صورت اقتصادی قابل برداشت هستند. این مخازن به طور معمول دارای سنگ مادر^۱ (سنگ فشرده محل تشکیل هیدروکربن)، سنگ مخزن (سنگ تراوای حاوی هیدروکربن) و سنگ پوش (جلوگیری کننده از خروج هیدروکربن از سنگ مخزن) هستند. به دیگر مخازنی که در این دسته قرار نمی‌گیرند مخازن نامتعارف گفته می‌شود [۱].

مراجع علمی طبقه‌بندی‌های مختلفی برای مخازن هیدروکربنی نامتعارف ارائه کرده‌اند که تا حد زیادی مشابه هم هستند. به طور خلاصه، عموماً مخازن نامتعارف با این دسته‌بندی شناخته می‌شوند: نفت و گاز شیل، نفت و گاز مخازن کم تراوا (معمولاً سنگ‌های رسوبی)، متان زغال سنگی، هیدرات‌های گازی، شیل نفتی و نفت سسنگین [۲]. همان طور که از عنوان گزارش حاضر مشخص است، تمرکز آن بر نفت و گاز شیل است.

شیل نوعی سنگ فشرده است که جنس آن خاک رس است.^۲ این سنگ در صورت قرار گرفتن در شرایط تشکیل هیدروکربن می‌تواند دارای نفت و گاز باشد، اما به علت نبود ارتباط بین خلل و فرج (تخلخل) این سنگ‌ها، نفت و گاز محبوس در آن توانایی خارج شدن ندارد. در نتیجه، روش‌های مرسوم برای استخراج هیدروکربن از میادین متعارف کارایی لازم را برای استخراج از میادین شیل ندارند. به این نفت و گاز محبوس در سازندهای شیلی نفت و گاز شیل گفته می‌شود. این هیدروکربن‌ها ماهیتاً مشابه هیدروکربن‌های موجود در میادین متعارف هستند و صرفاً به علت متفاوت بودن در نحوه استخراج و بهره‌برداری با پسوند «شیل» خوانده می‌شوند.

تا حدود ۴۰ سال پیش، شیل‌های دارای نفت به عنوان سنگ مادر نفت شناخته می‌شدند که هیدروکربن داخل آنها قابل برداشت محسوب نمی‌شد. اما در چند دهه اخیر فناوری‌هایی توسعه پیدا کردند که بهره‌برداری از نفت و گاز داخل این شیل‌ها را امکان‌پذیر ساختند و در نتیجه عبارت «مخازن شیلی» وارد ادبیات صنعت نفت و گاز گردید. برای استخراج نفت (و به طور مشابه گاز) شیل اقداماتی انجام می‌گیرد که در ادامه به طور خلاصه به آنها اشاره می‌شود.

بعد از انجام عملیات اکتشافی در یک منطقه و حصول اطمینان از اقتصادی بودن برداشت از ذخایر موجود، عملیات حفاری شروع می‌شود. پس از رسیدن به لایه شیل حاوی نفت، حفاری چاه به تدریج به حالت افقی تبدیل شده و ادامه پیدا می‌کند. بخش افقی چاه تا چند صد متر و حتی الامکان بدون خروج از لایه تولیدی، ادامه پیدا می‌کند و طول این بخش معمولاً بین ۶۰۰ تا ۹۰۰ متر است [۳]. در مرحله بعد و طی عملیات شکافت هیدرولیکی^۳، مایعی با فشار بالا به داخل چاه تزریق می‌شود که به آن مایع شکافنده^۴ گفته می‌شود. حدود ۹۹ درصد این مایع شامل آب و پروپانت^۵ و باقی مانده شامل مواد شیمیایی یا مایعات اسیدی حل‌کننده مخازن کربناته است. مایع تزریق شده باعث شکافت در شکستگی‌های کوچک ساختار لایه شیلی شده و سپس با شروع تولید به همراه نفت خارج می‌شود. پروپانت‌های تزریق شده نیز با قرار گرفتن در درزهای ایجاد شده در لایه شیل از بسته شدن آن بعد از کاهش فشار ناشی از خروج مایع جلوگیری می‌کنند [۳]. معمولاً عملیات حفاری در این قسمت پایان یافته و چاه وارد مرحله تولید می‌شود (شکل ۱).

۱. سنگ مادر (Source Rock) به سنگ‌هایی گفته می‌شود که محل تشکیل هیدروکربن بوده و در صورت قرار گرفتن در فشار و دمای مناسب در زیر زمین، نفت و گاز موجود در آنها می‌تواند به سنگ مخزن مجاور مهاجرت کند.

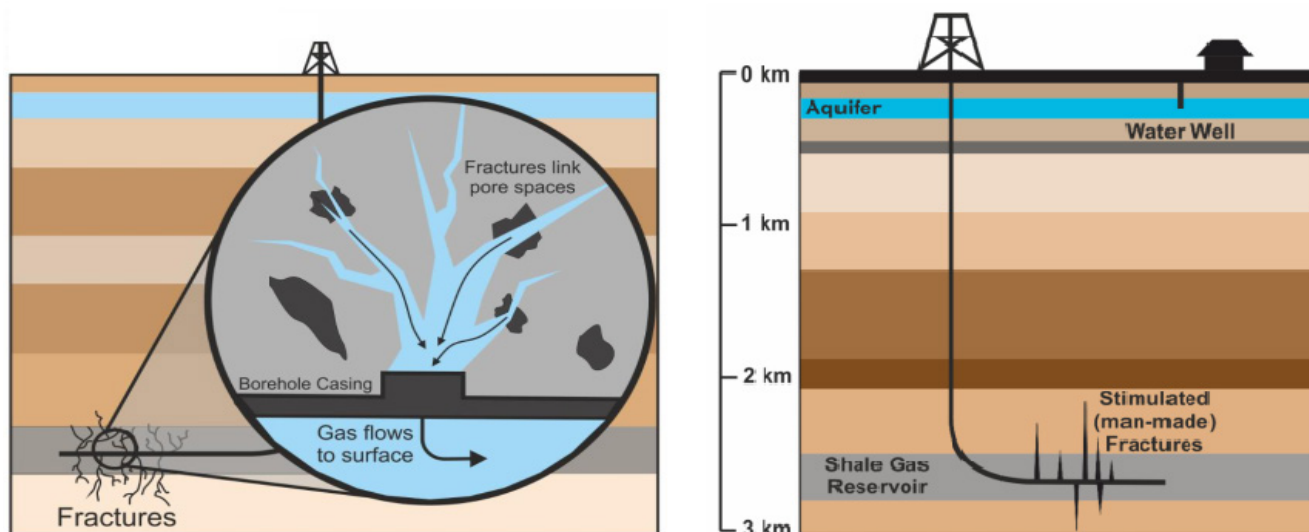
۲. همان طور که قبلاً اشاره شد، نفت شیل ممکن است از ماسه‌سنگ‌های ناتراوا نیز تولید شود و در اینجا منظور از نفت شیل تولیدی از هر دو این مخازن است.

3. Hydraulic Fracturing

4. Fracking Liquid

۵. Proppant یا Propping Agent به دانه‌های ریز و با استحکام بالا گفته می‌شود که با قرار گرفتن در شکاف‌های ایجاد شده، از بسته شدن آنها جلوگیری می‌کنند.

شکل ۱. عملیات شکافت هیدرولیکی

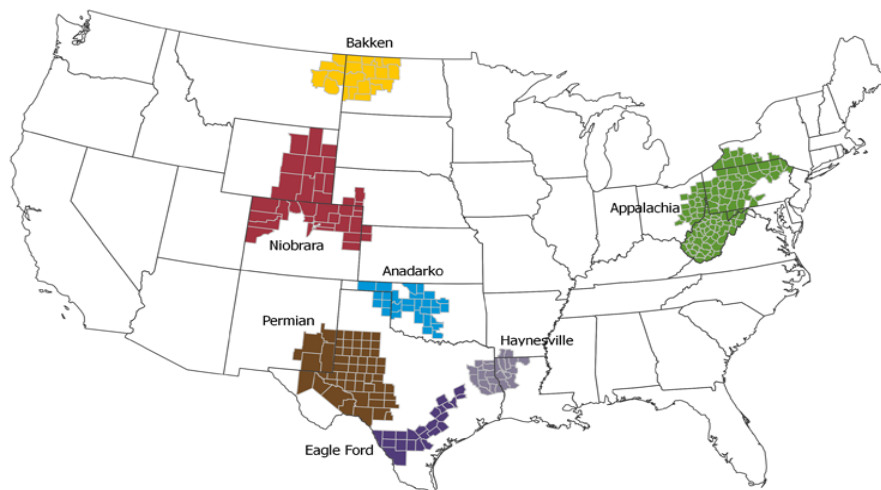


Source: Schlumberger.

۳. انقلاب شیل در ایالات متحده آمریکا

طبق آخرین به‌روزرسانی EIA در سال ۲۰۱۵، کشور آمریکا دارای ۷۸ میلیارد بشکه نفت و ۱۷٫۶ تریلیون مترمکعب گاز قابل برداشت در منابع شیل خود است. از بین حوزه‌های شیل این کشور می‌توان به هفت حوزه اصلی اشاره کرد که عمده تولید نفت و گاز شیل آمریکا از آنها صورت می‌پذیرد: پرمین، ایگل فورد، بکن، نیوبرا، آنادارکو، آپالاچی و هاینسویل.^۱ در شکل ۲ پراکندگی جغرافیایی این هفت حوزه قابل مشاهده است. تولید نفت خام و گاز طبیعی این حوزه‌ها در سال ۲۰۲۳ به‌طور متوسط به ترتیب حدود ۸ میلیون بشکه در روز و ۸۰۰ میلیارد مترمکعب در سال بوده است. (شکل ۳ و ۴). همان‌طور که در این دو نمودار قابل مشاهده است، غیر از دو برهه زمانی که ابتدا به‌علت افزایش تولید و جنگ قیمتی اوپک و بعد کاهش تقاضا در دوره کرونا افت تولید نسبی در تولید از ذخایر شیل ایجاد شده بود، روند کلی تولید از این منابع افزایشی بوده و از سال ۲۰۰۵ تاکنون حدود ۲۵ برابر شده است.

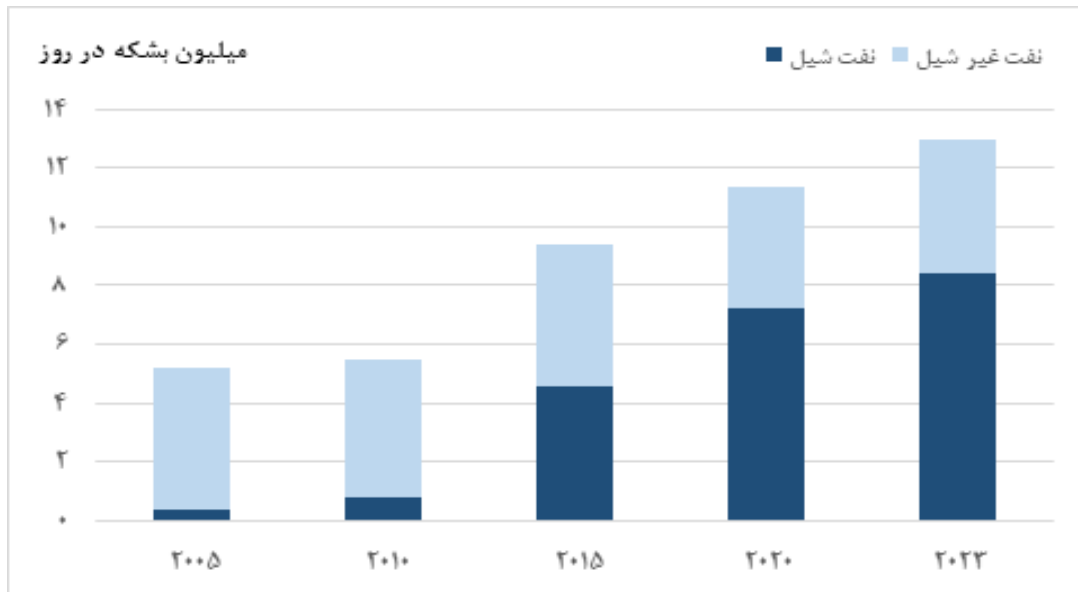
شکل ۲. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل ایالات متحده آمریکا



Source: U.S. Energy Information Administration

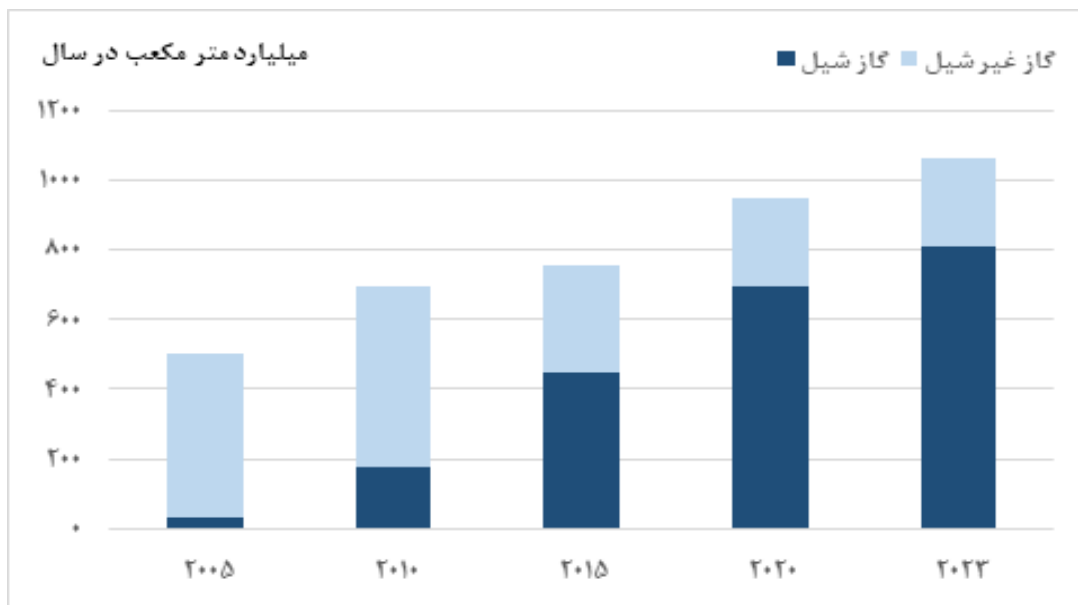
۱. گفتنی است برخی از این حوزه‌ها بیش از یک لایه شیل داشته که با عناوین جداگانه مشخص می‌شوند؛ مثلاً، حوزه آپالاچی شامل لایه‌های مارسلوس و یوتیکا است.

شکل ۳. نمودار روند تولید نفت آمریکا از منابع شیل طی دو دهه اخیر



Source: EIA.

شکل ۴. نمودار روند تولید گاز طبیعی آمریکا از منابع شیل طی دو دهه اخیر



Source: EIA.

هر یک از لایه‌های نفت شیل آمریکا ویژگی‌های سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و مخزنی مخصوص به خود را دارد. عمق آنها از ۸۰۰ تا ۲۶۰۰ متر، ضخامت بین ۴ تا ۸۰۰ متر، نرخ تولید اولیه^۱ ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ بشکه در روز برای هر چاه و نفت برداشت شده از ۵۰۰ تا ۹۰۰ میلیون بشکه متغیر است. بنابراین، هر کدام نیازمند نوع متناسبی از فرایند شکافت هیدرولیکی برای رسیدن به حد بالای بهره‌وری هستند.

1. Initial Production Rate

۳-۱. علل موفقیت صنعت شیل در ایالات متحده

کشوری که در حال حاضر در توسعه تولید نفت و گاز از منابع شیل موفق بوده ایالات متحده است. جرقه‌های اولیه رونق تولید شیل در اثر سعی و خطاهای بسیار و استفاده از تجربه چند دهه‌ساله صنعت نفت و گاز این کشور پدیدار شد. اولین نشانه‌های موفقیت صنعت شیل در حوزه بارنت و در سال ۲۰۰۸ بود و به تدریج این موفقیت به حوزه‌های دیگر شیل آمریکا نیز تسری پیدا کرد. اثرگذارترین فناوری‌ها در موفقیت صنعت شیل در همه این موارد شکافت هیدرولیکی و حفاری افقی بوده است که در ترکیب با یکدیگر موجب دسترسی به نفت داخل سنگ‌های شیل می‌شود که تا پیش از این تولید به صورت اقتصادی میسر نبود.

بررسی اینکه چه شرایطی در آمریکا باعث شده است صنعت شیل در این کشور رشد کند، می‌تواند تا حدی پیش‌بینی رشد این صنعت را در دیگر کشورها امکان‌پذیر نماید. در ادامه سعی می‌شود شرایطی که باعث تسریع توسعه شیل در ایالات متحده شده است در پنج بخش بررسی شود که عبارت‌اند از: ۱. ویژگی‌های فیزیکی و طبیعی، ۲. فناوری، ۳. شرایط سیاسی و حقوقی، ۴. زیرساخت و بازار و ۵. پذیرش مردمی.

۳-۲. ویژگی‌های فیزیکی و طبیعی

یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت صنعت شیل آمریکا شرایط مناسب زمین‌شناسی حوزه‌های شیل این کشور است. لایه‌های شیل در عمق کم (حدود ۸۰۰ تا ۲۶۰۰ متر) قرار دارند که نسبت به دیگر کشورها عمق کمی محسوب می‌شود. به علاوه، این لایه‌ها دارای غنای هیدروکربنی بالا (شاخص TOC ۰/۵ تا ۲۵ درصد)، و ضخامت زیاد (۶ تا ۲۰۰ متر) هستند. نسبت گاز موجود در هر تن شیل آمریکا نیز بین ۱،۱ و ۹،۳ مترمکعب است [۴]. بررسی تراکم جمعیتی کشورهای دارای شیل نشان می‌دهد آمریکا یکی از پایین‌ترین مقادیر را دارد. تراکم جمعیتی این کشور ۳۴ نفر در هر کیلومتر مربع است که در مقایسه با کشورهایمانند چین، انگلستان و لهستان کم محسوب می‌شود. وجود جمعیت زیاد باعث ایجاد زیرساخت‌های شهری در سطح زمین می‌گردد و به علاوه، حریم ایمنی آنها نیز فضای مضاعفی اشغال می‌کند. در نتیجه، یافته منطقه‌ای مناسب برای حفاری را دشوار می‌سازد؛ اما کم بودن جمعیت نسبت به مساحت در کشور آمریکا این امکان را ایجاد کرده است که با آزادی بیشتری به تدوین قوانین مربوط به حفاری پرداخته شود.

۳-۳. شرایط فناوری

در حال حاضر عملیات شکافت هیدرولیکی در کنار حفاری افقی اصلی‌ترین عوامل فنی تسهیل‌کننده برداشت از میادین نفت شیل هستند. بهبود فناوری‌های مرتبط با این دو، تأثیر زیادی بر افزایش تولید و کاهش هزینه‌ها گذاشته است. از سال ۱۹۸۰ دولت ایالات متحده سیاست‌هایی با هدف تشویق توسعه فناوری‌های مرتبط با برداشت از میادین هیدروکربنی شیل وضع کرد که نتیجه آن پیشرفت قابل توجه این کشور در خصوص فناوری‌های این حوزه و به ویژه مخازن شیل بوده است. لذا اکنون شرکت‌های متعددی در این زمینه در آمریکا فعال هستند که از تجربه و سطح فناوری مناسبی در این خصوص برخوردارند.

به علت دوره کوتاه تولید از میادین شیل در مقایسه با میادین متعارف، برای حفظ و نگهداشت تولید، به حفاری متناوب از میادین شیل نیاز بوده و لذا فرایند توسعه میادین شیل نیازمند عملیات‌های پی‌درپی حفاری است. ایالات متحده به علت سابقه طولانی خود در صنعت نفت، تعداد زیادی دستگاه حفاری دارد^۱ که در توسعه سریع شیل این کشور نقش مهمی داشته است.

۳-۴. وجود قاعده و سیاست‌گذاری‌های مرتبط با صنعت شیل

کشور آمریکا قوانین روشن و مدونی برای توسعه صنعت شیل دارد. قوانین تنظیم‌گری مناسب در این کشور باعث اطمینان بخشی به سرمایه‌گذاران و فعالان صنعت شیل شده است. همچنین، با تصویب قوانین مرتبط با جنبه‌های زیست‌محیطی استخراج نفت و گاز شیل، تا حدی از نگرانی‌های افکار عمومی از آثار مخرب این فعالیت‌ها کاسته است. البته باید به این موضوع توجه داشت که عموماً دیدگاه افکار عمومی در ایالات متحده برای محافظت از محیط زیست در مقایسه با کشورهای اروپایی سهل‌گیرانه‌تر است. این عامل در کنار قدرت بالای لابی‌های مرتبط با صنعت نفت و گاز، باعث شده است به رغم اعتراضات برخی فعالان محیط زیست، توجه به صنعت شیل در سیاست‌های این کشور از اولویت بیشتری نسبت به مسائل زیست‌محیطی برخوردار باشد.

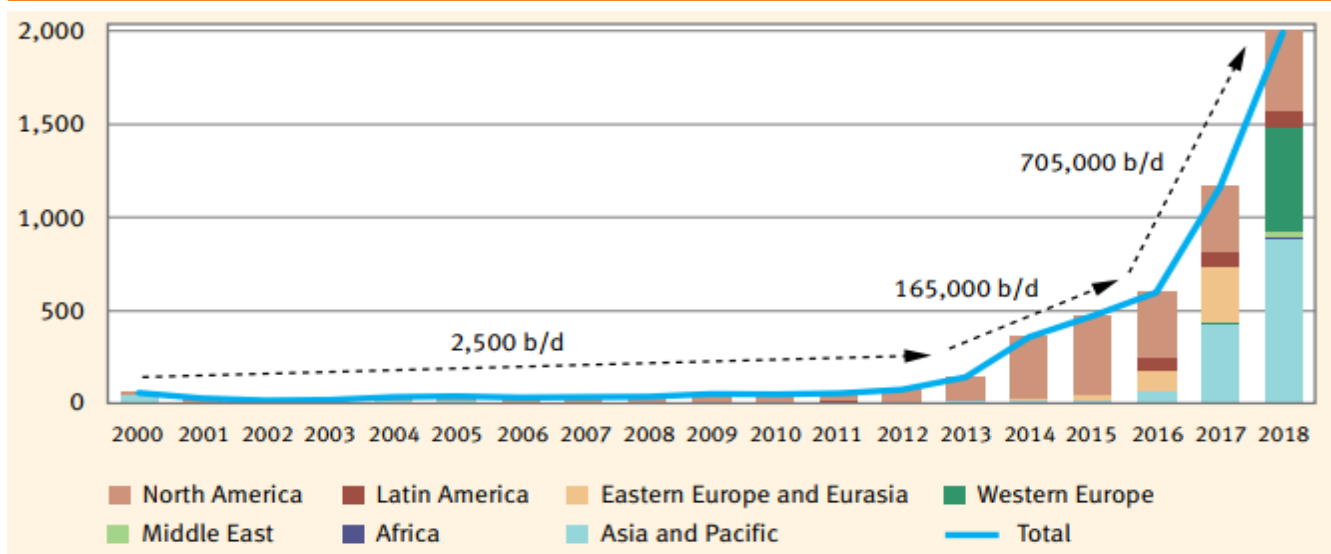
۱. در اوج دوران حفاری چاه‌های شیل در سال ۲۰۱۵ حدود ۱۶۰۰ دستگاه حفاری فعال در ایالات متحده مشغول به کار بودند.

قوانین مالکیت منابع زیرزمینی: برخلاف اکثر کشورها که حکومت مالک تمام منابع هیدروکربنی زیرزمین است، در ایالات متحده این منابع متعلق به مالک زمین است. مالک زمین می‌تواند زمین خود را به شرکت‌های استخراج شیل اجاره دهد و از این ناحیه سود کسب کند. این موضوع باعث آسان‌تر شدن دسترسی شرکت‌ها به زمین می‌شود. افزون بر این، مردم نیز به علت کسب سود از این فعالیت‌ها، نظر مثبت‌تری به آن پیدا می‌کنند و منفی‌نگری افکار عمومی به صنعت شیل کمتر می‌شود.

سیاست‌های مالی: اتخاذ سیاست‌های مناسب از سوی دولت در زمینه مالی از دیگر عواملی است که باعث شکوفایی صنعت شیل در آمریکا شده است. این سیاست‌ها با ارائه مشوق‌های مالیاتی و قیمتی موجب هدایت سرمایه‌های سنگین به این صنعت می‌شود. برای مثال می‌توان به قانون سیاست گاز طبیعی^۱ اشاره کرد که با ارائه اعتبارات مالیاتی، دوره بازگشت سرمایه را در فعالیت‌های گاز طبیعی کاهش داده و در نتیجه ریسک سرمایه‌گذاری در این حوزه کاهش می‌یابد.

حذف موانع قانونی: در کنار وجود قوانینی که رشد صنعت شیل را به صورت ضمنی تشویق می‌کنند، در سال‌های اخیر برخی از تعهدات و قوانینی که می‌توانست مانعی برای رشد صنعت شیل باشد از سوی دولت آمریکا لغو شد. یکی از این قوانین منع صادرات نفت خام ایالات متحده بود. پیش‌تر صادرات نفت خام ایالات متحده فقط در محدوده آمریکای شمالی به لحاظ قانونی امکان‌پذیر بود؛ اما در سال ۲۰۱۵ و با لغو این قانون، مقاصد جدیدی برای صادرات نفت این کشور ایجاد شد (شکل ۵). یکی دیگر از موارد، لغو پیمان آب‌وهوایی پاریس بود. ایالات متحده با وجود تولید بیشترین مقدار گازهای گلخانه‌ای، در سال ۲۰۱۷ از این پیمان خارج شد و با این اقدام راه برای گسترش صنعت شیل در این کشور هموارتر شد که بحث‌های فراوانی در مورد آثار زیست‌محیطی آن وجود دارد. اگرچه دولت بایدن مجدداً به این توافق بازگشته است، اما این اقدام تاکنون تأثیر خاصی روی تولید نفت و گاز آمریکا نداشته است.

شکل ۵. نمودار روند افزایش صادرات نفت خام ایالات متحده به تفکیک مقاصد صادراتی



Source: EIA.

۳-۵. زیرساخت‌ها

انتقال گاز تولیدی از میداين هیدروکربنی (بدون توجه به متعارف یا غیر متعارف بودن) به مقاصد مشخص، نیازمند تجهیزات گسترده‌ای است. دوروش برای انتقال گاز طبیعی به مقاصد فروش وجود دارد؛ انتقال با خط لوله و تبدیل گاز طبیعی به گاز طبیعی مایع شده (LNG)^۲. در نتیجه، پیش از اقدام برای استخراج گاز از یک میدان باید تجهیزات لازم برای انتقال آن فراهم شود که زمان و هزینه قابل توجهی (به طور حدودی دو سال) نیاز دارد. به علت سودآوری پایین پروژه‌های گازی نسبت به نفت، ممکن است در صورت دور بودن مخزن گازی از تجهیزات مورد نیاز برای انتقال به بازار مصرف، پروژه صرفه اقتصادی خود را از دست داده و عملیات استخراج لغو شود.

1. Natural Gas Policy Act
2. Liquefied Natural Gas

اما ایالات متحده با داشتن بیش از ۵۰۰ هزار کیلومتر خط لوله درون و بین ایالتی از این چالش در توسعه میادین گاز شیل خود عبور کرده است. تعداد زیاد زیرساخت‌های تقویت فشار، نقاط تحویل و دریافت و خطوط لوله گسترده، در کنار تأسیسات مایع‌سازی متعدد، پتانسیل بالایی برای توسعه میادین گاز شیل در این کشور ایجاد کرده است. همچنین، با توجه به وجود شرکت‌های متعدد فعال در زمینه نقل و انتقال گاز و در هم تنیده بودن شبکه‌های آنها، فضایی رقابتی برای فعالان این حوزه به وجود آمده است که تولیدکنندگان گاز می‌توانند به راحتی تولید خود را به بازارهای فروش برسانند. این در حالی است که در اکثر کشورها نقل و انتقال گاز در انحصار دولت یا چند شرکت بزرگ است. اغلب میادین نفت شیل از حجم قابل توجهی گاز برخوردارند، لذا در مخازن شیل مسئله نقل و انتقال گاز تولیدی بر استخراج نفت نیز تأثیرگذار است. در صورت استخراج از میدان، این گاز همراه با نفت تولید می‌شود که باید به هوای آزاد رهاسازی شود، یا سوزانده شود و یا با استفاده از تجهیزات لازم به محل فروش انتقال یابد. رهاسازی به هوای آزاد علاوه بر ایجاد تأثیرات گلخانه‌ای^۱، ممکن است به انفجار منجر شود. با توجه به حجم زیاد گاز تولیدی، سوزاندن آن در سرچاه نیز مخاطرات زیست‌محیطی به همراه دارد. در نتیجه تنها راه مواجهه با گاز تولیدی، انتقال آن به بازارهای مصرف است که این گزینه هم همان طور که گفته شد نیازمند زمان و هزینه بسیاری است. این مسئله باعث شده است پروژه‌های شیل با فرض گازی بودن چاه مورد ارزیابی اقتصادی قرار گیرند؛ زیرا در صورتی که براساس تولید نفت این کار انجام شود، در صورت وجود حجم زیاد گاز که در میادین شیل متداول است و نبود تجهیزات برای انتقال گاز تولیدی همراه نفت، عملاً پروژه زیان‌ده خواهد بود. این بدین معنی است که تولید نفت شیل لاجرم نیازمند وجود تجهیزات فراوری و انتقال گاز در نزدیکی محل حفاری است [۵]. همان طور که پیش‌تر اشاره شد، شبکه جمع‌آوری و توزیع گاز در ایالات متحده بسیار گسترده است که این موضوع باعث شده توسعه استخراج نفت شیل نیز با سرعت بالایی صورت پذیرد.

موفقیت این صنعت در آمریکا مرمون تلاش‌های هزاران شرکت کوچک و متوسط فعال در این حوزه است که این موضوع باعث فضای رقابتی برای ارائه راهکارهای بهتر برای بهبود سودآوری پروژه‌های شیل شده است. بیش از ۸۰۰۰ اپراتور گاز و ۱۵۰۰ شرکت توزیع‌کننده گاز در ایالات متحده وجود دارند که برای ارائه خدمات بهتر به رقابت می‌پردازند. این موضوع در زمینه گاز شیل باعث شده قیمت گاز در بازار آمریکا براساس عرضه و تقاضا تعیین شود و از مدل متداول وابسته به قیمت نفت فاصله گیرد. این در حالی است که در اکثر کشورها قراردادهای گازی به صورت بلندمدت و وابسته به قیمت نفت بسته می‌شوند و نیز دولت‌ها در قیمت گاز ارائه شده به داخل کشور دخالت می‌کنند. این مسئله باعث عدم کشف قیمت واقعی گاز، دشوار شدن ورود شرکت‌های خصوصی به این حوزه و عدم ایجاد رقابت جدی می‌شود.

۳-۶. پذیرش عمومی

بحث‌های زیادی پیرامون آسیب‌های زیست‌محیطی احتمالی فرایند شکاف هیدرولیکی در سال‌های اخیر مطرح شده است. این مسئله باعث مخالفت‌های گسترده در افکار عمومی کشورها، به‌ویژه کشورهای اروپایی در برابر استفاده از این فناوری گشته است. اما افکار عمومی ایالات متحده مخالفت زیادی در برابر این موضوع نداشته است که می‌توان دلیل آن را تراکم پایین جمعیت، وجود منابع آبی فراوان، سابقه طولانی این کشور در صنعت نفت و گاز و عادی بودن زندگی در کنار میادین نفت و گاز برای مردم برخی ایالت‌ها و انتفاع افراد از اجاره دادن زمین‌های شخصی به شرکت‌های فعال در این حوزه، دانست [۵].

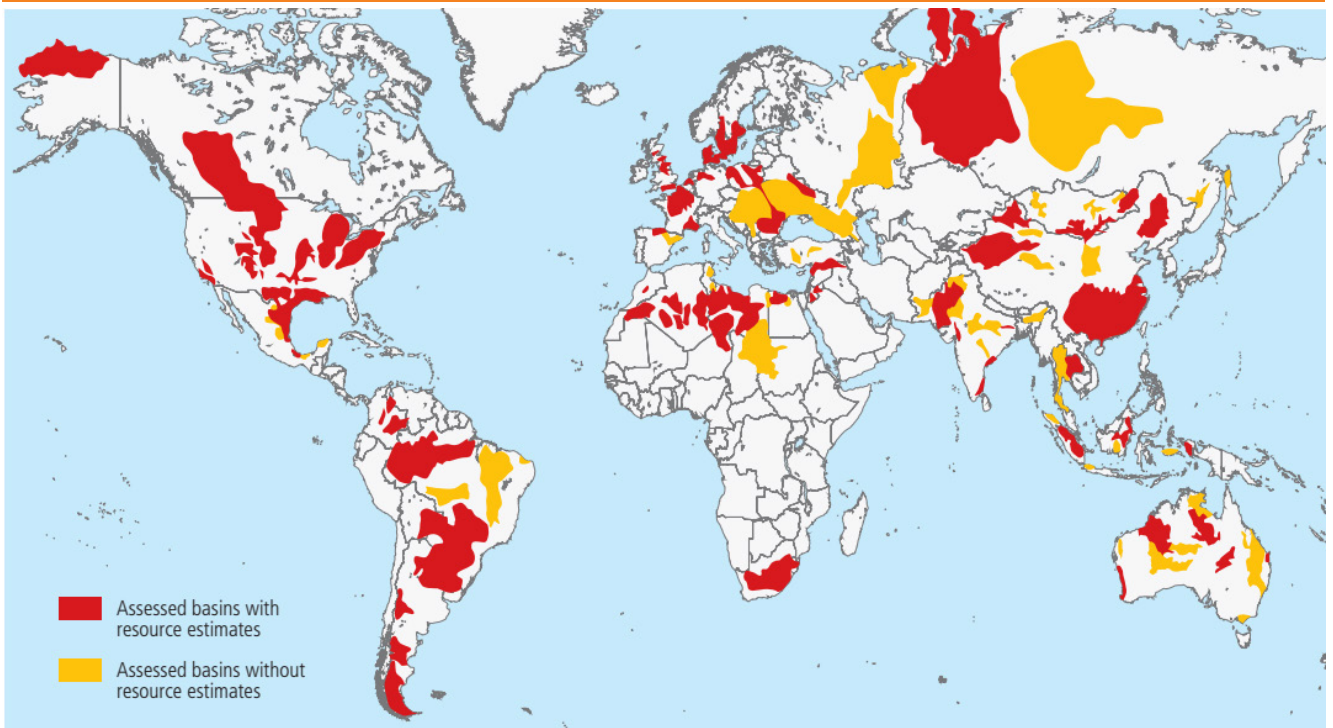
۴. ذخایر شیل در جهان

ظهور انقلاب شیل در ایالات متحده در سال‌های اخیر احتمالاتی را مبنی بر توسعه منابع نفت و گاز شیل در کشورهای دیگر مطرح کرده است. در این بخش با توجه به شرایط پیرامونی توسعه شیل در آمریکا، ذخایر شیل و پتانسیل توسعه آنها در کشورهای دیگر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. طبق گزارش اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده^۱ در سال ۲۰۱۳، حدود ۳۴۵ میلیارد بشکه نفت و ۲۰۷ تریلیون متر مکعب گاز به لحاظ فنی از منابع شیل در جهان قابل استحصال است [۶]. در شکل ۶، بخش‌های قرمز رنگ مناطقی را نمایش می‌دهند که از لحاظ منابع نفت و گاز مورد ارزیابی و تخمین قرار گرفته‌اند.

۱. طبق گزارش‌های منتشر شده، گاز متان (گاز طبیعی) جزو گازهای گلخانه‌ای بوده و تأثیر زیادی در گرمایش زمین دارد.

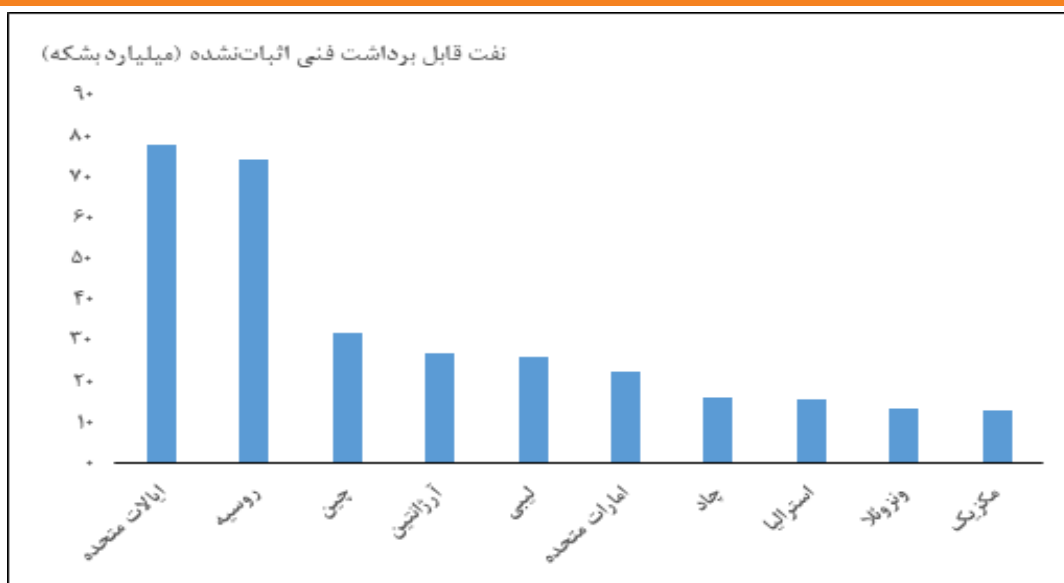
بخش‌های زرد رنگ نیز مناطق دارای شیل ولی بدون تخمین از حجم (به علت کمبود اطلاعات) را نشان می‌دهند. بقیه مناطق از لحاظ وجود شیل مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. براساس اطلاعات ارائه شده اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده، ۱۰ کشور بزرگ دارنده منابع نفت و گاز شیل در شکل ۷ و ۸ نمایش داده شده است. در ادامه، وضعیت کشورهای اصلی دارنده ذخایر شیل غیر از آمریکا بررسی خواهد شد. گفتنی است تولید اکثر این کشورها در سال ۲۰۲۰ صفر یا بسیار ناچیز بوده است، مگر در کشورهایی که مواردی ذکر شده است.

شکل ۶. نقشه ذخایر شیل در جهان



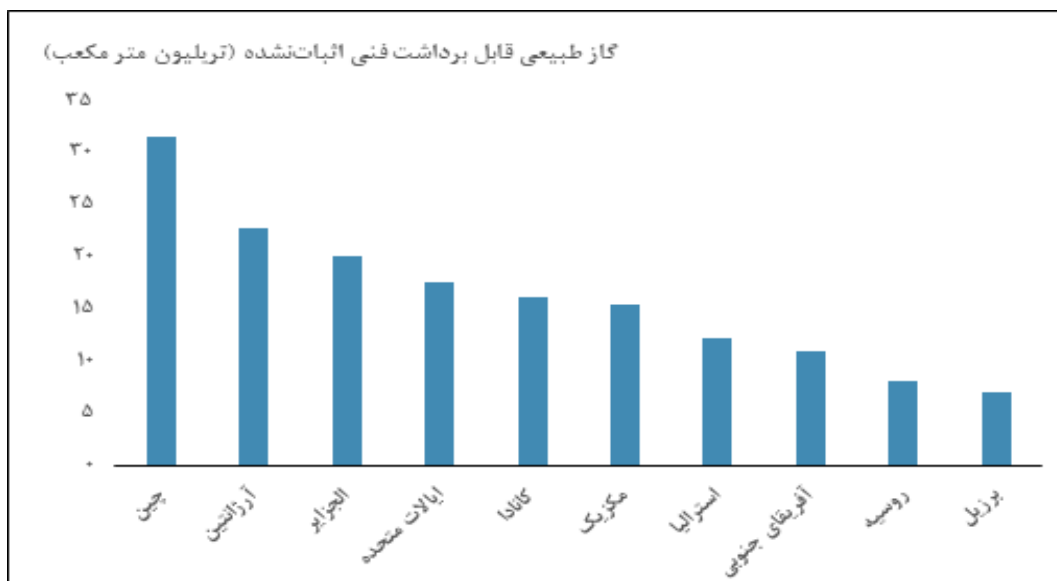
Source: EIA.

شکل ۷. نمودار حجم ذخایر نفت شیل قابل برداشت به لحاظ فنی



Source: EIA.

شکل ۸. نمودار حجم ذخایر گاز طبیعی شیل قابل برداشت به لحاظ فنی



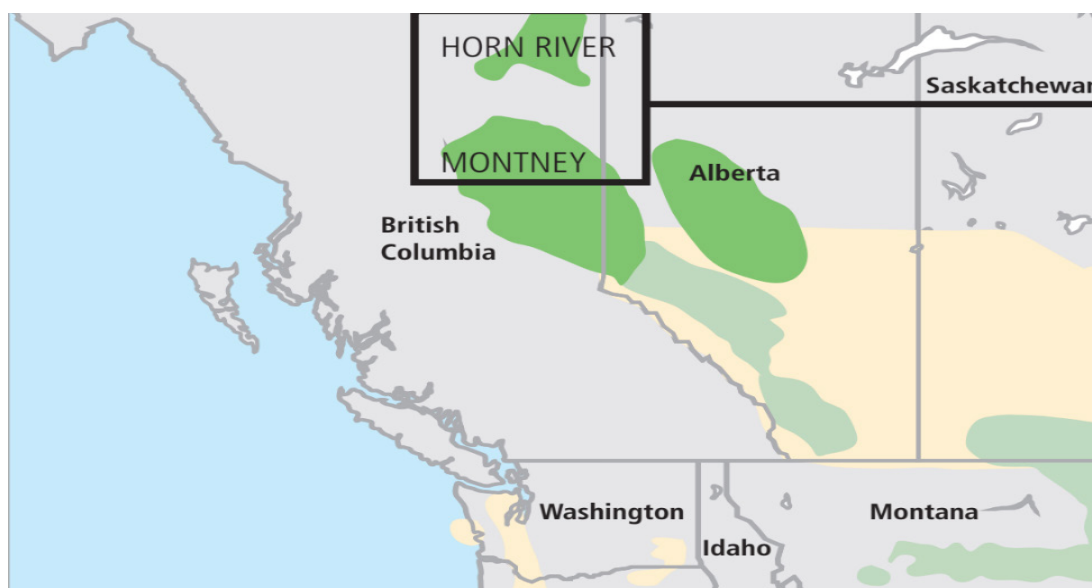
Source: EIA.

۴-۱. آمریکای شمالی

۴-۱-۱. کانادا

ارزیابی‌ها نشان می‌دهد کانادا دارای منابع قابل توجه شیل، به‌ویژه گاز شیل است. مجموع نفت و گاز شیل موجود در این کشور طبق برآورد EIA به ترتیب برابر با ۹ میلیارد بشکه و ۱۶٫۲ تریلیون مترمکعب است. از لایه‌های شیل مهم این کشور می‌توان به بکن (مشترک با ایالات متحده)، هورن ریور، مونتنی و دوورنی اشاره کرد (شکل ۹). تولید نفت شیل در این کشور در آمار سال ۲۰۲۰ حدود ۵۰۰ هزار بشکه بود که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۷۵۰ هزار بشکه در روز برسد. گاز شیل تولیدی این کشور نیز در سال ۲۰۲۰ حدود ۲۲ میلیارد مترمکعب در سال بود.

شکل ۹. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل کانادا



Source: EIA.

کانادا یکی از کشورهای است که پتانسیل بالایی در توسعه منابع شیلی دارد. پس از موفقیت صنعت شیل در ایالات متحده، این صنعت از سال ۲۰۱۶ شروع به گسترش در مناطق دیگر کرد و شرکت‌های نفتی کانادا اولین شرکت‌هایی بودند که از آن استقبال کردند. همچنین وضعیت مالی و اقتصادی کانادا شباهت زیادی به ایالات متحده دارد و بازارهای مالی دارای عمق کافی برای سرمایه‌گذاری‌های سنگین در صنعت شیل هستند [۳]. اما برخی مشکلات نیز در مسیر توسعه صنعت شیل در کانادا وجود دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

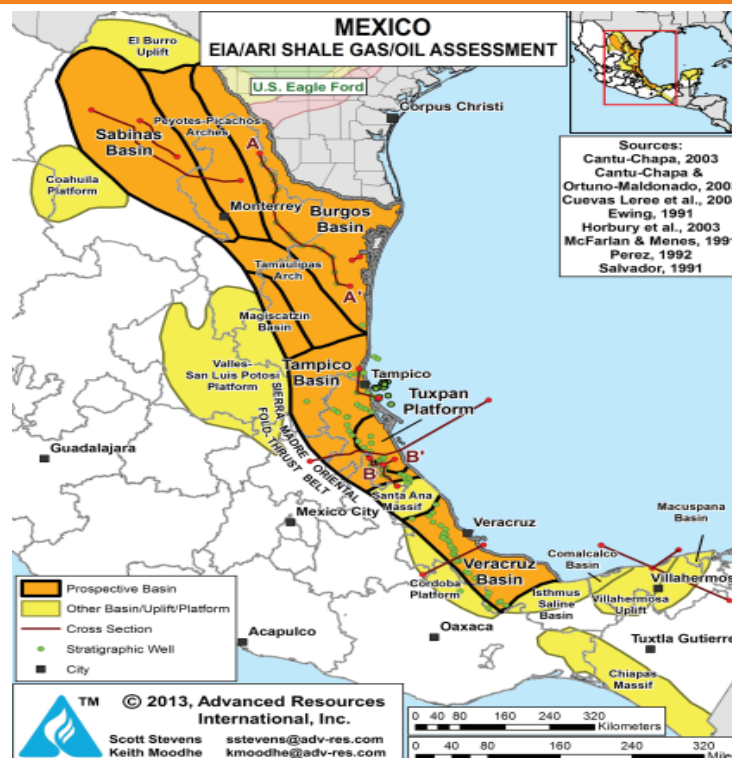
- مخالفت افکار عمومی در برخی ایالت‌ها با به‌کارگیری فناوری شکافت هیدرولیکی و ممنوع کردن آن به‌طور قانونی. در حال حاضر فقط در ایالت‌های بریتیش کلمبیا، آلبرتا، ساسکاچوان و مانیتوبا منابع شیل استخراج می‌شود [۷]؛
- کمبود زیرساخت‌های لازم؛
- پایین بودن قیمت‌های گرید وسترن کانادین سلکت^۱ نسبت به وست تگزاس اینترمدییت^۲؛
- عدم قطعیت بالای میزان تقاضا به دلیل وابستگی تقاضای داخلی به آب و هوا؛
- رقابت با آمریکا و مکزیک در بازارهای منطقه‌ای؛
- قیمت بالای نیروی کار.

در مجموع به نظر می‌رسد کانادا شرایط مناسبی برای توسعه صنعت شیل دارد، اما به‌علت وابستگی آن به صنعت شیل آمریکا، توسعه این صنعت در کانادا سرعت بسیار کمتری نسبت به ایالات متحده خواهد داشت [۳].

۲-۱-۴. مکزیک

مکزیک حدود ۱۳ میلیون بشکه نفت و ۱۵،۴ تریلیون مترمکعب گاز قابل برداشت در منابع شیل دارد که این مقدار بیشتر از منابع متعارف نفت و گاز این کشور است. منابع شیلی این کشور عمدتاً در مناطق مجاور خلیج مکزیک قرار دارد (شکل ۱۰). از مهم‌ترین لایه‌های شیل این کشور لایه‌ای گل‌فورد است که با ایالات متحده مشترک است و از تگزاس تا شمال مکزیک گسترده شده است. با حرکت به سمت جنوب و شرق مخازن شیل ساختار پیچیده‌تری به خود گرفته و پتانسیل توسعه کاهش می‌یابد.

شکل ۱۰. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل مکزیک



Source: EIA.

1. Western Canadian Select (WCS)
2. West Texas Intermediate (WTI)

شرکت ملی نفت مکزیک برنامه‌ای در سال ۲۰۱۵ برای آغاز تولید گاز از منابع شیل و افزایش آن به ۵۷ میلیون مترمکعب در روز تا سال ۲۰۲۵ تدوین کرد و برای این کار سرمایه‌گذاری ۱ میلیارد دلاری برای حفر ۷۵۰ چاه در نظر گرفته بود؛ اما اولین چاه‌های حفر شده هزینه‌ای حدود ۲۰ میلیون دلار برای هر چاه به این شرکت تحمیل کردند (حدود ۱۵ برابر مقدار پیش‌بینی شده و حدود ۲ برابر هزینه چاه شیل در آمریکا). تولید هر یک از این چاه‌ها حدود ۸۵ هزار مترمکعب بوده و نرخ افت تولید بالایی داشتند. علاوه بر مسائل فنی مرتبط با تولید نفت و گاز شیل، موارد دیگری را می‌توان به‌عنوان چالش‌های توسعه شیل در مکزیک نام برد:

■ عدم سرمایه‌گذاری کافی؛

■ ضعیف بودن شرکت‌های داخلی خدمات نفت و گاز شیل.

گفتنی است توسعه صنعت شیل در مکزیک راهی طولانی در پیش دارد. به‌علت جذابیت بالای بازار ایالات متحده، (مادامی که این بازار جذابیت خود را از دست نداده باشد) مکزیک نیز همانند کانادا (و به طریق اولی) توان جذب سرمایه‌گذاری برای توسعه منابع شیل خود را نخواهد داشت. از این رو با توجه به ایجاد فرصت‌های متعدد طی زمان، توسعه سریع صنعت شیل در مکزیک در آینده بعید به نظر می‌رسد.

۲-۴. آمریکای جنوبی

۱-۲-۴. آرژانتین

آرژانتین یکی دیگر از بزرگ‌ترین دارندگان ذخایر شیل در جهان است. حوزه رسوبی نئوکوتن^۱ در این کشور که میزبان لایه شیلی واکا موئر تا^۲ است، احتمالاً بزرگ‌ترین حوزه شیل خارج از آمریکای شمالی است (شکل ۱۱). به‌علاوه، احتمال وجود ذخایر شیل در سه حوزه رسوبی دیگر نیز وجود دارد که البته فعلاً مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

در آرژانتین اولین چاه ذخایر شیل در سال ۲۰۱۰ حفر شد و در سال ۲۰۲۳ تولید نفت از این میدان به ۲۵۰ هزار بشکه در روز رسید (شکل ۱۲). پیش‌بینی می‌شود تولید نفت این میدان تا سال ۲۰۳۰ به یک میلیون بشکه در روز برسد [۸]. تولید گاز از این میدان در ابتدای سال ۲۰۲۳ حدود ۵۳ میلیون مترمکعب در روز (معادل ۱۹ میلیارد مترمکعب در سال) بوده است. سرمایه‌گذاری در استخراج نفت و گاز شیل واکا موئر تا نیز در سال ۲۰۱۸ حدود ۳ میلیارد دلار بود که براساس پیش‌بینی‌ها به حدود ۱۵ میلیارد دلار تا پایان سال ۲۰۳۰ خواهد رسید (شکل ۱۳). در سال ۲۰۱۹ هزینه متوسط حفر چاه شیل در این لایه حدود ۱۵ میلیون دلار برآورد می‌شد [۹]. افزایش تولید از این میدان شیل در آینده نزدیک می‌تواند آرژانتین را به صادرکننده نفت تبدیل کند.

با وجود ویژگی‌های زمین‌شناسی مناسب برای توسعه تولید از ذخایر شیل در آرژانتین، موانعی در مسیر این امر وجود دارند:

■ هزینه بالای برداشت از منابع شیل (در مقایسه با ایالات متحده)؛

■ کم‌عمق بودن بازارهای مالی؛

■ نبود زیرساخت‌های مناسب برای صادرات گاز؛ به‌علت کمبود خطوط لوله انتقال گاز و همچنین تجهیزات مایع‌سازی، توسعه منابع گازی را در آرژانتین با مشکل مواجه کرده است. عدم امکان صادرات باعث عرضه مازاد و کاهش قیمت گاز می‌شود تا جایی که در برخی مواقع به کمتر از قیمت سودده برای شرکت‌های تولیدکننده می‌رسد (نقطه سر به سر سوددهی تولید گاز در این کشور حدود ۱۰ سنت بر مترمکعب است) [۱۰].

1. Neuquen

2. Vaca Muerta

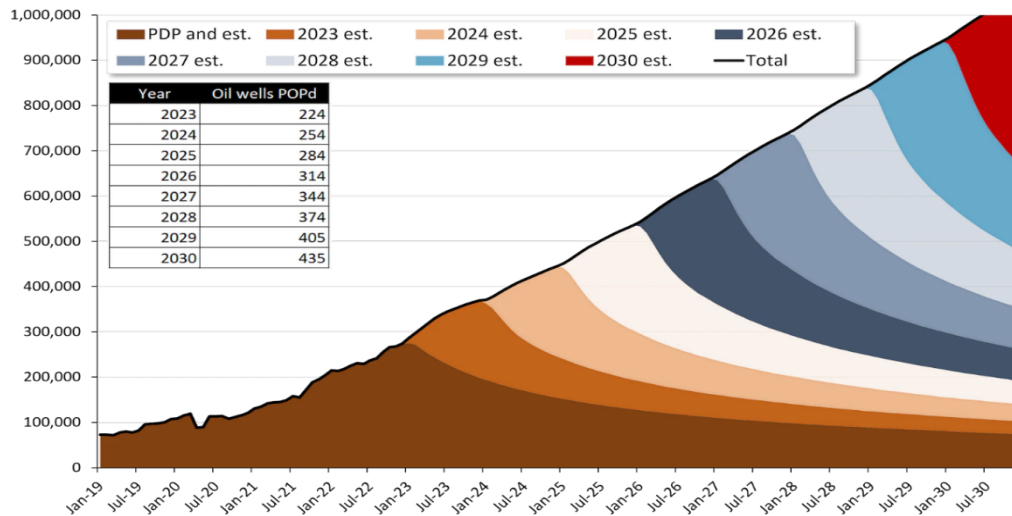
شکل ۱۱. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل آرژانتین



Source: EIA.

شکل ۱۲. نمودار تاریخچه و پیش‌بینی تولید حوزه‌های شیلی و اکاموئرتا

Vaca Muerta production growth scenario
Barrels per day



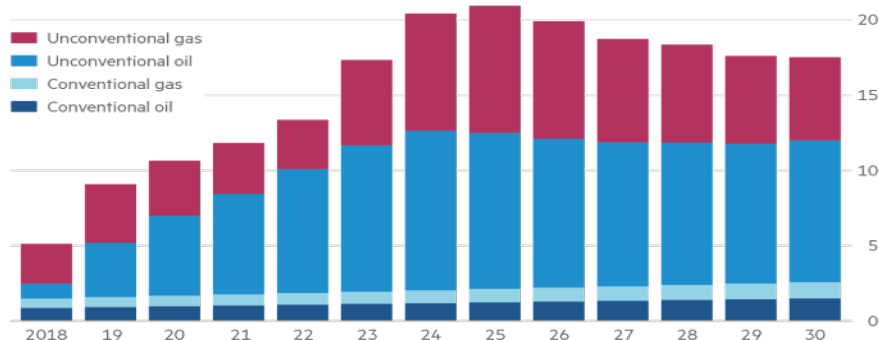
Source: Rystad Energy's Shale Solution, May 2023
A Rystad Energy graphic

Source: Rystad Energy.

شکل ۱۳. نمودار پیش‌بینی سرمایه‌گذاری در نفت و گاز آرژانتین

Vaca Muerta investment projections

\$bn



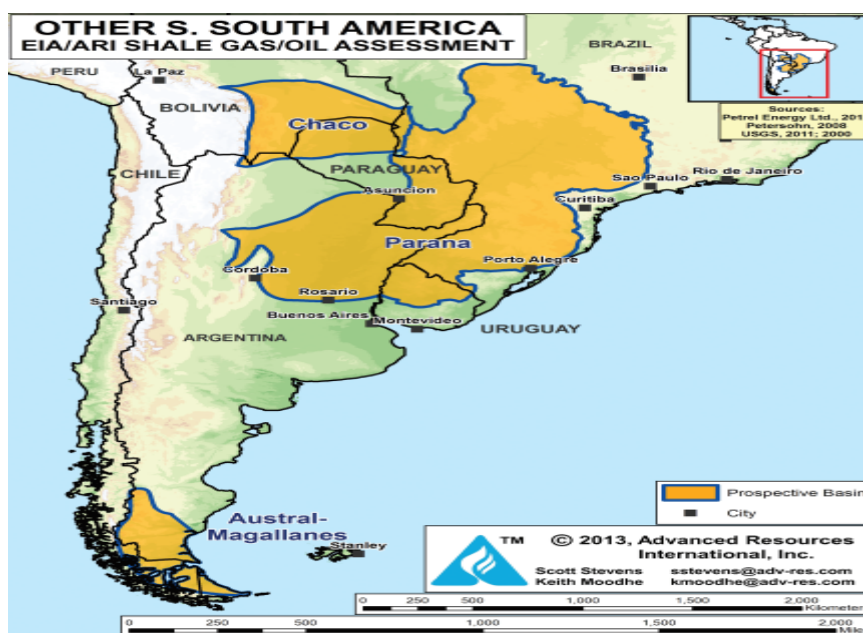
Source: Argentinian Ministry of Energy
© FT
Source: Financial Times.

در مجموع آرژانتین با داشتن یکی از بهترین ذخایر شیل جهان پتانسیل مناسبی برای افزایش تولید دارد و به نظر می‌رسد یکی از بازیگران اصلی در این عرصه خواهد بود. البته این مسئله در گرو حل مشکلاتی مانند نبود زیرساخت صادرات گاز و بهبود قوانین تنظیم‌گر حوزه نفت و گاز است [۱۱].

۲-۲-۴. سایر کشورهای آمریکای جنوبی

به غیر از آرژانتین، کشورهای دیگری در آمریکای جنوبی منابع شیل دارند که شامل برزیل، کلمبیا، بولیوی، ونزوئلا، شیلی، پاراگوئه و اوروگوئه است (شکل ۱۴). در این بین، کلمبیا با حضور چند شرکت نفتی بین‌المللی برای اکتشاف منابع شیل خود اقدام‌هایی انجام داده است، اما نبود سرمایه‌گذاری کافی، هزینه بالای سربه‌سری (حدود ۵۰ دلار بر بشکه در سال ۲۰۱۸) و مشکلات امنیتی ناشی از گروه شورشی فارک باعث کاهش سرعت توسعه این منابع شده است. کشورهای پاراگوئه و اوروگوئه نیز اقدام‌های اولیه برای ارزیابی ذخایر شیل خود انجام داده‌اند ولی تا توسعه اقتصادی این منابع فاصله بسیاری دارند [۱۲].

شکل ۱۴. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل سایر کشورهای آمریکای جنوبی



Source: EIA.

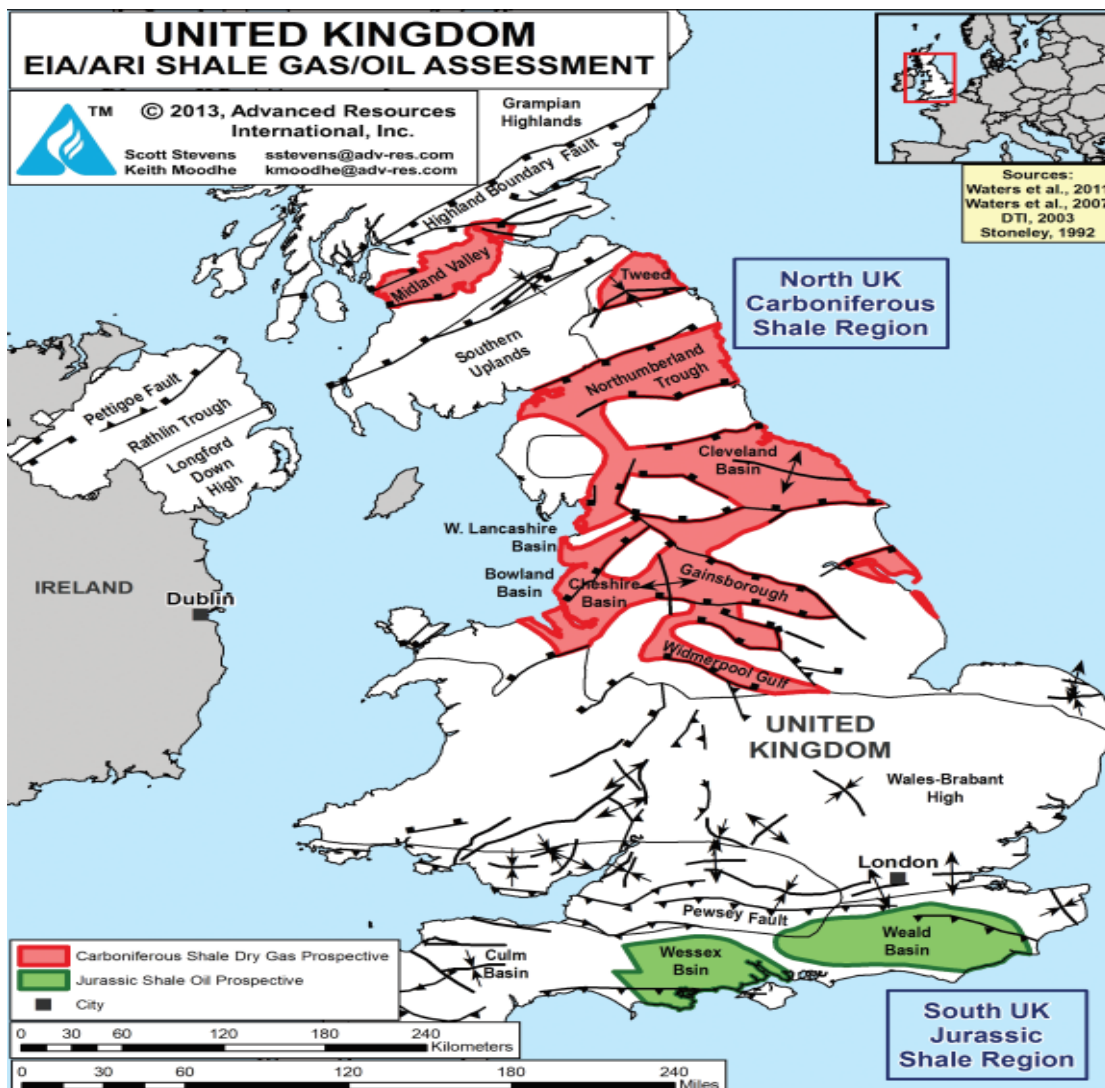
۱. در سال ۲۰۱۷ مجلس این کشور به مدت چهار سال اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی را ممنوع اعلام کرد.

۴-۳. اروپا

۴-۳-۱. انگلستان

انگلستان یکی از دارندگان منابع شیل در اروپا محسوب می‌شود. حوزه‌های رسوبی شیل در شمال، مرکز و جنوب این کشور گسترده است که شامل حدود ۰,۷ میلیارد بشکه نفت و ۷۰۸ میلیارد متر مکعب گاز قابل برداشت است. به لحاظ زمین‌شناسی، این لایه‌ها از لایه‌های شیل ایالات متحده پیچیده‌تر است (شکل ۱۵). برخی تحقیقات نشان می‌دهد با وجود مقادیر قابل توجه گاز، حجم گاز قابل برداشت از این منابع کم است [۱۳]. در حالی که پیش‌تر در سال ۲۰۱۳ اعلام شده بود یکی از حوزه‌های شیل این کشور به تأمین ۵۰ سال از گاز مصرفی انگلستان قادر خواهد بود.

شکل ۱۵. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل انگلستان



Source: EIA.

به لحاظ بازارهای مالی و فناوری‌های مربوطه، انگلستان پتانسیل بسیار خوبی برای توسعه شیل دارد، اما مخاطرات زیست‌محیطی در جزایر این کشور باعث مخالفت افکار عمومی شده است. در همین راستا، کشور اسکاتلند و ایرلند اجرای عملیات شکافت هیدرولیکی را ممنوع اعلام کرده و در انگلیس نیز مخالفت‌های جدی از جانب مردم و برخی جناح‌های سیاسی، از جمله حزب کارگر، در برابر توسعه صنعت شیل وجود دارد.

دولت این کشور در نوامبر سال جاری اعلام کرد عملیات شکافت هیدرولیکی تازمانی که در مورد آثار زیست‌محیطی آن اطمینان حاصل نشود ممنوع خواهد بود [۱۴]. این تغییرات قانون در نهایت در سال گذشته به ممنوعیت اجرای فرایند شکافت هیدرولیکی در انگلیس منجر شده است [۱۵]. تراکم جمعیتی بالای انگلستان نیز دیگر مسئله موجود در مسیر توسعه این صنعت در انگلستان است که باعث شده مناطق قابل استفاده برای عملیات برداشت نفت و گاز شیل محدود باشند.

۲-۳-۴. لهستان

لهستان یکی از بزرگ‌ترین دارندگان ذخایر شیل به‌ویژه گاز شیل، در اروپا محسوب می‌شود. به لحاظ فنی حدود ۲ میلیارد بشکه نفت و ۴,۱ تریلیون مترمکعب گاز از ذخایر این کشور قابل برداشت است. حوزه شیل در قسمت شمالی لهستان ساختاری ساده‌تر نسبت به بقیه حوزه‌های شیل این کشور دارد (شکل ۱۶).

شکل ۱۶. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل لهستان



Source: EIA.

با شروع توسعه شیل در ایالات متحده از سال ۲۰۱۱، لهستان نیز به جذب سرمایه‌گذاران و شرکت‌های بزرگ بین‌المللی از جمله شورون^۱ شروع کرد [۳]. اما با گذشت زمان انتظارات نسبت به آینده شیل در این کشور کم‌رنگ شد. از ۷۲ چاه حفر شده در این کشور مابین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۶، ۲۵ چاه مورد شکافت هیدرولیکی قرار گرفت. بسیاری از این چاه‌ها بدون تولید یا با تولید بسیار پایین بودند. در نتیجه، بسیاری از شرکت‌ها امتیازات خود را به دولت این کشور پس دادند. اگرچه وجود منابع گسترده شیل، تراکم پایین جمعیت و نبود قوانین سخت‌گیرانه زیست‌محیطی، لهستان را نسبت به دیگر کشورهای اروپایی در موقعیت بهتری برای توسعه این صنعت قرار داده است، اما مواردی که در ادامه ذکر می‌شود تاکنون مانع از رشد این صنعت در لهستان شده است:

1. Chevron

■ قراردادهای غیر جذاب؛

■ کاهش قیمت گاز ناشی از ورود گاز شیل آمریکا به بازار و کاهش توان رقابت؛

■ تفاوت‌های قابل توجه تراوایی در قسمت‌های مختلف لایه‌ها که پیش‌بینی مقدار برداشت را دشوار می‌کند؛

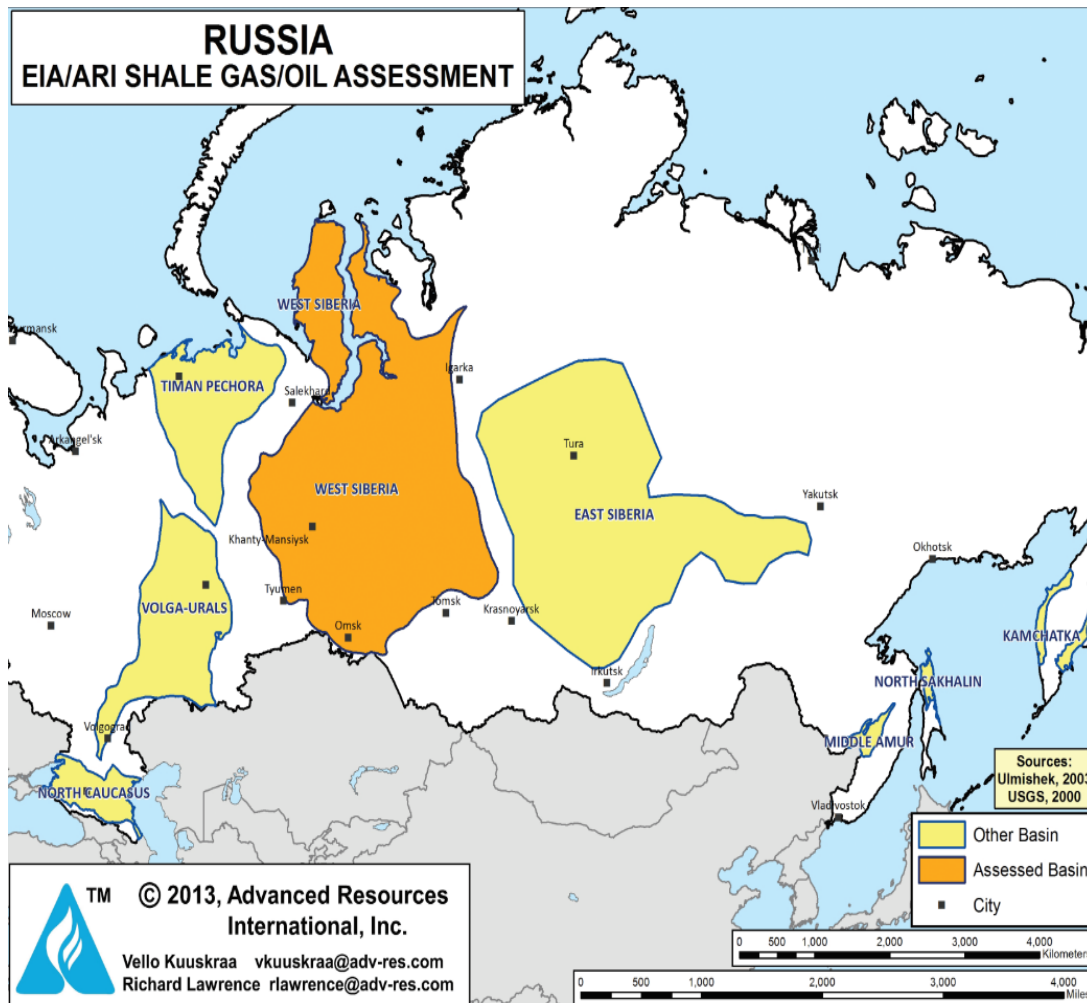
■ حجم برداشت پایین؛ با فناوری‌های رایج تولید لایه‌ها به ۱۰ هزار مترمکعب در روز می‌رسد، در حالی که برای اقتصادی شدن عملیات باید دو برابر این مقدار تولید شود.

با توجه به گسترش فناوری‌های نوین، از جمله شکافت هیدرولیکی با استفاده از دی‌اکسید کربن، احتمال بهبود شرایط برای توسعه شیل در لهستان وجود دارد. اصلاح مفاد قراردادهای مربوط به این حوزه و تلاش برای جذب سرمایه‌های قابل توجه برای توسعه این صنعت در لهستان الزامی است. به نظر می‌رسد با کاهش جدی واردات گاز این کشور و کل اتحادیه اروپا از روسیه از سال ۲۰۲۲، توسعه ذخایر شیل بیشتر مورد توجه مقامات این کشور قرار گیرد [۱۶].

۳-۳-۴. روسیه

طبق ارزیابی‌های EIA، روسیه به لحاظ نفت و گاز شیل به ترتیب در رتبه‌های نهم و دوم قرار دارد و ذخایر هیدروکربن قابل برداشت این کشور از حوزه‌های شیل معادل ۷۵ میلیارد بشکه نفت و ۸ تریلیون مترمکعب گاز تخمین زده می‌شود. حوزه شیل با ژئوف در این کشور از بزرگ‌ترین لایه‌های شیل گازی در جهان به شمار می‌رود. شکل ۱۷ نقشه حوزه‌های شیل روسیه را نمایش می‌دهد.

شکل ۱۷. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل روسیه



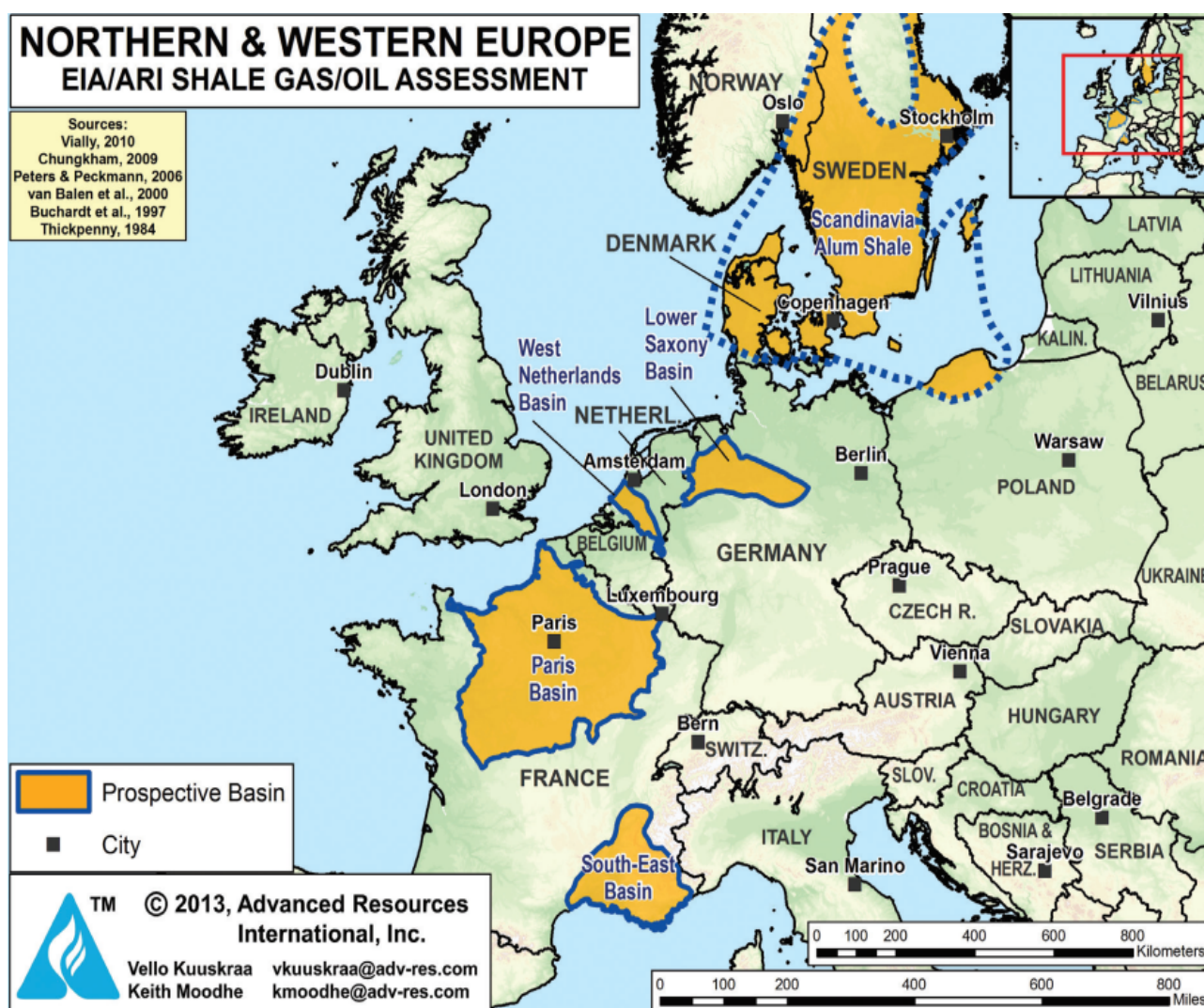
Source: EIA.

با توجه به وجود ذخایر متعارف گسترده نفت و گاز، سیاست فعلی این کشور بر استخراج و بهبود تولید این ذخایر مبتنی است. این موضوع با توجه به تحریم‌های اروپا و آمریکا علیه صنعت نفت و گاز روسیه و عدم دسترسی شرکت‌های روسی به برخی فناوری‌های جدید منطقی به نظر می‌رسد. هر چند برخی مقامات روسیه علیه فناوری شکافت هیدرولیکی مورد استفاده در صنعت شیل اظهاراتی کرده‌اند، اما به نظر می‌رسد در آینده و در صورت کاهش شدید منابع متعارف این کشور، توسعه میادین شیل در برنامه صنعت نفت و گاز این کشور قرار گیرد. به‌ویژه آنکه این کشور در مقایسه با اروپای غربی قوانین زیست‌محیطی سخت‌گیرانه کمتری دارد و تراکم جمعیتی نیز بسیار پایین است. طبق آمار، این کشور در سال ۲۰۲۰ کمتر از ۲۰ هزار بشکه در روز نفت شیل تولید کرده است.

۴-۳-۴. سایر کشورهای اروپایی

منابع شیل در سایر کشورهای اروپایی نیز وجود دارد که در شکل ۱۸ قابل مشاهده است. با توجه به عدم برنامه توسعه شیل در این کشورها و نیز به دلیل ممنوعیت شکافت هیدرولیکی در برخی از آنها، توسعه شیل در این کشورها در گزارش حاضر پیگیری نشده است.

شکل ۱۸. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل سایر کشورهای اروپا

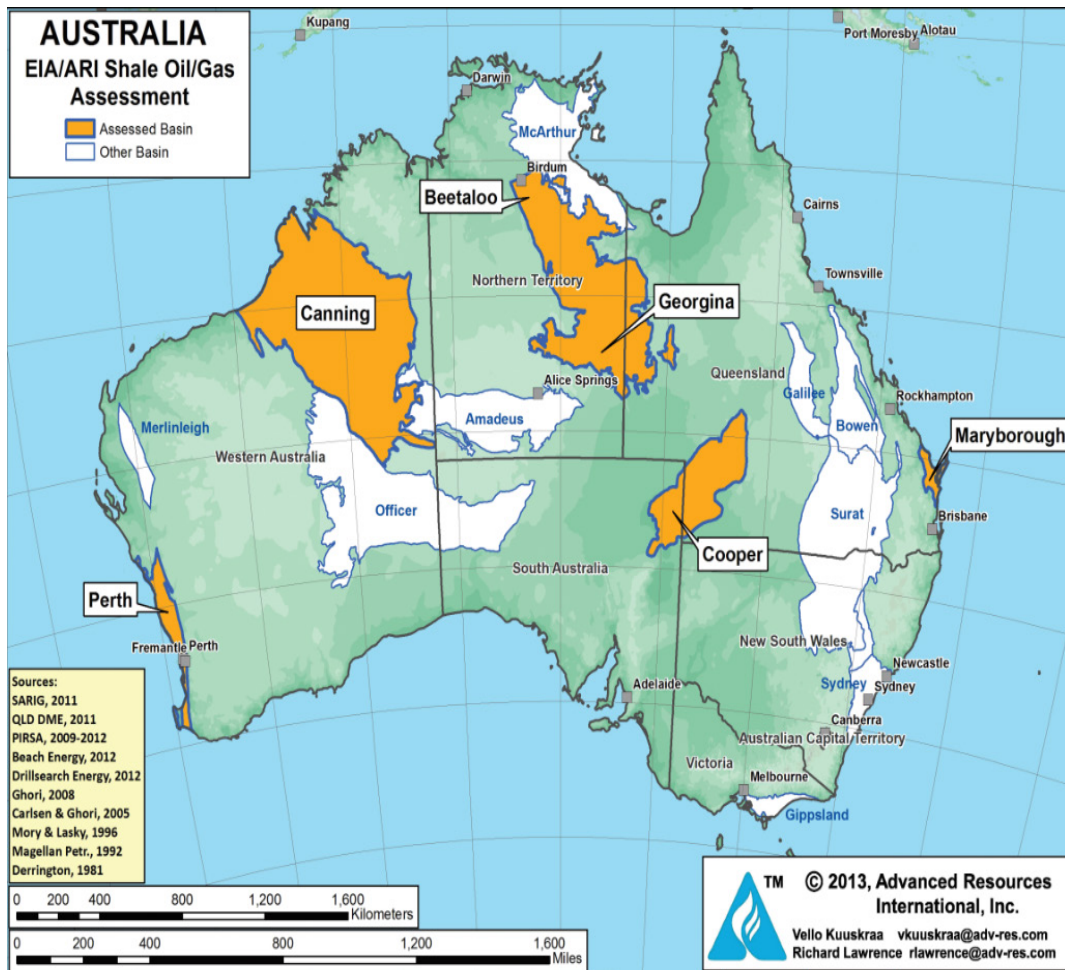


۱. ولادیمیر پوتین، رئیس‌جمهور روسیه، چندی پیش شکافت هیدرولیکی را در صنعت شیل فناوری‌ای وحشیانه توصیف کرده و اظهار داشت روسیه به سمت چنین فناوری‌هایی نخواهد رفت که باعث آلودگی محیط زیست می‌شود [۱۷].
۲. شامل آلمان، فرانسه، دانمارک، بلغارستان، جمهوری چک، رومانی و هلند.

۳-۴. استرالیا

استرالیا هشتمین و هفتمین رتبه را در بین کشورهای دارنده نفت و گاز شیل با داشتن ۱۶ میلیون بشکه نفت و ۱۲,۱ تریلیون مترمکعب گاز قابل برداشت به لحاظ فنی، به خود اختصاص داده است. این ذخایر در قسمت‌های مختلف این کشور گسترده شده‌اند که در شکل ۱۹ قابل مشاهده است.

شکل ۱۹. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل استرالیا



Source: EIA.

ویژگی‌های منابع شیل استرالیا از نظر زمین‌شناسی تا حدود زیادی مشابه ایالات متحده و کانادا است. به علاوه، شرکت‌های کوچک متعددی در این صنعت حضور دارند و در سال‌های اخیر با شرکت‌های بزرگ بین‌المللی وارد همکاری برای توسعه شیل در این کشور شده‌اند. اگرچه برخی مناطق فعالیت‌های شکافت هیدرولیکی را ممنوع کرده‌اند، اما با توجه به سودآوری صادرات گاز مایع شده^۱، دولت فدرال این ایالت‌ها را تشویق به لغو ممنوعیت این عملیات می‌کند. هم‌اکنون در مناطق شمالی، کوپینزلند، نیوساوت ولز و قسمتی از استرالیای جنوبی عملیات شکافت هیدرولیکی مجاز محسوب می‌شود [۱۸].

با توجه به توانایی استرالیا در جذب سرمایه‌گذاری شرکت‌های بین‌المللی، وجود تجهیزات صادرات گاز و وجود مناطق خالی از سکنه وسیع، این کشور یکی از بیشترین پتانسیل‌ها را بعد از آمریکا و کانادا برای توسعه صنعت شیل داراست. البته به علت قرار گرفتن برخی ذخایر در فاصله بسیار دور از شهرها و نیز وجود ممنوعیت عملیات شکافت هیدرولیکی در برخی بخش‌ها، سرعت توسعه صنعت شیل در استرالیا پایین‌تر از آمریکا خواهد بود. در حال حاضر نیز بخش بسیاری از میدین شیل این کشور مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است.

1. Liquefied Natural Gas (LNG)

۴-۴. چین

چین به لحاظ منابع گاز شیل با ۳۱٫۶ تریلیون مترمکعب در رتبه نخست و از نظر منابع نفتی با ۳۲ میلیارد بشکه نفت قابل برداشت در رتبه سوم جهان قرار دارد. حوزه‌های اصلی شیل چین عبارت‌اند از سیچوان، تاریم، جونگار، سونگلیانو، یانگتزه، جیانفان و سوبی که موقعیت جغرافیایی آنها در شکل ۲۰ قابل مشاهده است.

شکل ۲۰. موقعیت جغرافیایی ذخایر حوزه‌های شیل چین



Source: EIA.

همان‌طور که اشاره شد، چین دارای حجم بزرگی از ذخایر نفت و به‌ویژه گاز شیل است و دولت این کشور برای افزایش تولید نفت و بالاجاه گاز به این ذخایر چشم دوخته است. طبق ارزیابی‌های آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) در سال ۲۰۱۷، منابع گازی متعارف این کشور پتانسیل کمی برای افزایش تولید دارند ولی منابع نامتعارف، از جمله شیل، توان بالقوه بالایی برای رشد تولید دارند. با توجه به این موضوع و با افزایش سریع مصرف نفت و گاز در این کشور و متعاقباً افزایش درصد وابستگی به واردات، تصمیم‌گیران حوزه نفت و گاز این کشور به فکر توسعه منابع شیل این کشور افتاده‌اند. به دنبال توسعه و شکوفایی صنعت شیل در آمریکا، اولین چاه برای توسعه منابع گاز شیل در چین سال ۲۰۱۰ حفر شد. در برنامه دوازدهم پنج‌ساله چین برای سال ۲۰۲۰ رسیدن به تولید ۶۰ تا ۱۰۰ میلیارد مترمکعب گاز در سال از منابع شیل برنامه‌ریزی شده بود، اما با گذشت زمان و عدم تحقق انتظارات، این عدد طی چند مرحله بازبینی به ۳۰ میلیارد مترمکعب در سال رسید و در نهایت در عمل ۲۰ و ۲۳ میلیارد مترمکعب را در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ ثبت کرد [۱۹]. تولید نفت از منابع شیل چین نیز کمتر از ۵۰ هزار بشکه در روز است [۲۰].

1. International Energy Agency

دولت چین در راستای حمایت از توسعه گاز شیل، یارانه‌هایی به مدت سه سال برای شرکت‌های فعال در این حوزه در نظر گرفته است [۲۰]. این حمایت‌ها باعث پیشرفت این حوزه در چین شده است؛ برای مثال، چاه‌های حفر شده در سال ۲۰۱۸ در میدان فولینگ توسط سینوپک نسبت به چاه‌های اکتشافی حفر شده در سال ۲۰۱۰، ۴۰ درصد ارزان‌تر به انجام می‌رسد و نسبت به چاه‌های تولید سال ۲۰۱۴ نیز ۲۵ درصد ارزان‌تر شد. روند توسعه شیل در چین اگرچه روبه‌رشد است، اما مشکلاتی بر سر راه آن وجود دارد که سرعت آن را کند کرده است [۲۱]:

- لایه‌های شیل چین به لحاظ زمین‌شناسی از آمریکا پیچیده‌تر است؛
- اطلاعات کافی در مورد کیفیت و کمیت هیدروکربن موجود در این لایه‌ها موجود نیست؛
- عوارض سطحی مانند رشته‌کوه‌ها، حفاری را در این حوزه‌ها پرهزینه‌تر کرده است؛
- اکثر لایه‌ها در اعماق بالای ۳۵۰۰ متر قرار گرفته‌اند و فناوری‌های موجود برای این اعماق کارایی مناسبی ندارند؛
- شرکت‌های داخلی در زمینه حفر و تکمیل چاه‌های شیل تجربه کافی ندارند؛
- تجهیزات انتقال گاز در مناطق دورافتاده وجود ندارد.

در مجموع با وجود مشکلات فوق، به‌علت حمایت‌های دولت چین و نیاز این کشور برای افزایش تولید داخلی و کاهش وابستگی به واردات، توسعه شیل در آینده میان‌مدت (بین پنج تا ده سال) محتمل به‌نظر می‌رسد. البته در چین سرعت رشد به علل فوق به‌مراتب پایین‌تر از ایالات متحده خواهد بود. وود مکنزی در سال ۲۰۱۹ پیش‌بینی کرده بود که تا سال ۲۰۴۰ تولید سالانه چین از گاز شیل به ۸۸ میلیارد مترمکعب در سال برسد [۲۲].

همان‌طور که پیش‌تر بدان اشاره شد، رشد قابل توجه صنعت شیل در ایالات متحده در سایه عوامل مختلفی بوده است. ویژگی‌های مناسب طبیعی و زمین‌شناسی، فناوری‌های به‌روز، قانونگذاری‌های مشوق، زیرساخت‌های مناسب و مقبولیت از سوی افکار عمومی از جمله این عوامل به‌شمار می‌رود.

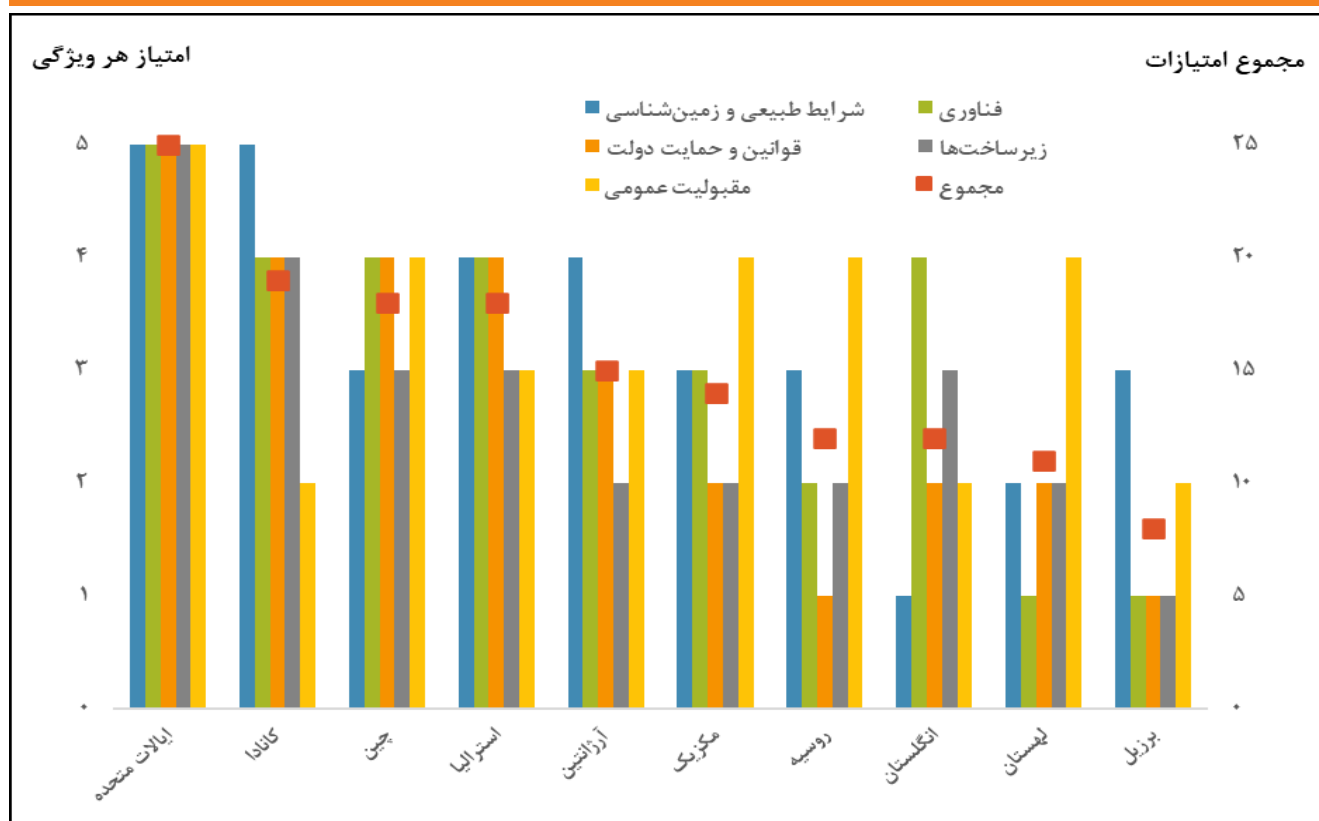
در مجموع، در مقایسه با آمریکا، دیگر کشورها از یک یا چند مورد از این عوامل بی‌بهره‌اند که این مسئله امکان تکرار انقلاب شیل را در این کشورها تا حدی دور از دسترس قرار داده است. از این رو بعید است حتی در صورت رشد صنعت شیل در هر کدام از این کشورها، روند آن سرعتی مشابه ایالات متحده داشته باشد. در این بخش با توجه به توضیحات ارائه شده، کشورهایی که به‌نظر می‌رسد احتمال توسعه صنعت شیل در آنها بالا باشد، از لحاظ شرایط مختلف با ایالات متحده مقایسه شده‌اند که در جدول ۱ و شکل ۲۱ قابل مشاهده است. از لحاظ مطلوبیت هر ویژگی نمره‌ای از ۱ تا ۵ به هر کشور داده شده است که ۱ کمترین مطلوبیت و ۵ بیشترین مطلوبیت آن ویژگی را برای توسعه شیل در هر کشور نشان می‌دهد. گفتنی است اعداد صرفاً برای رتبه‌بندی بوده و نسبت آنها معنی‌دار نیست.

جدول ۱ کشورهای مختلف از لحاظ پتانسیل توسعه نفت و گاز شیل در مقایسه با آمریکا

ویژگی	ایالات متحده	کانادا	چین	استرالیا	آرژانتین	مکزیک	روسیه	انگلستان	لهستان	برزیل
شرایط طبیعی و زمین‌شناسی	۵	۵	۳	۴	۴	۳	۳	۱	۲	۳
فناوری	۵	۴	۴	۴	۳	۳	۲	۴	۱	۱
قوانین و حمایت دولت	۵	۴	۴	۴	۳	۲	۱	۱	۲	۱
زیرساخت‌ها	۵	۴	۳	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۱
مقبولیت عمومی	۵	۲	۴	۳	۳	۴	۴	۲	۴	۲
مجموع	۲۵	۱۹	۱۸	۱۸	۱۵	۱۴	۱۲	۱۱	۱۱	۸



شکل ۲۱. نمودار کشورهای مختلف از لحاظ پتانسیل توسعه نفت و گاز شیل در مقایسه با آمریکا



با توجه به جدول فوق، کشورهای کانادا، چین و استرالیا بیشترین پتانسیل را برای توسعه صنعت شیل دارا هستند. کشورهای آرژانتین، مکزیک و روسیه نیز در رده‌های بعدی قرار دارند.

۵. پیش‌بینی آینده توسعه شیل‌ها

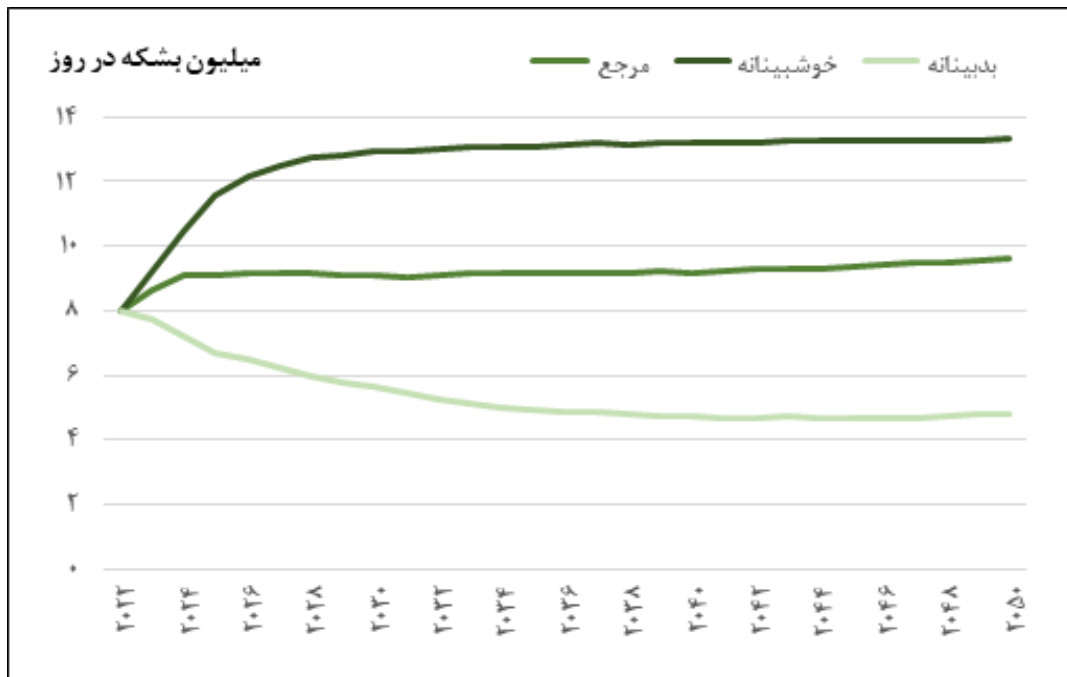
برای پیش‌بینی آینده تولید نفت و گاز شیل، عوامل مختلفی تأثیرگذار است. حجم ذخایر، توسعه فناوری‌های مرتبط، روند تقاضای نفت و گاز و قیمت آنها از جمله این عوامل است. با توجه به این موضوع، برای بررسی روند تولید نفت و گاز شیل، در ادامه پیش‌بینی‌های صورت گرفته از سوی مراجع معتبر، با تمرکز بر شیل ایالات متحده، مورد مطالعه قرار گرفته است.

۵-۱. نفت شیل

اداره اطلاعات انرژی آمریکا (EIA) در بخشی از گزارش خود با عنوان «چشم‌انداز سالیانه انرژی» در سال ۲۰۲۳، به پیش‌بینی تولید نفت خام و میعانات از منابع شیل ایالات متحده تا سال ۲۰۵۰ پرداخته است. در این گزارش، سه سناریو ارائه شده است که یکی از آنها با عنوان «سناریوی مرجع» و دو سناریوی دیگر با عناوین «عرضه کم نفت و گاز» (بدبینانه) و «عرضه زیاد نفت و گاز» (خوشبینانه) مطرح شده‌اند (شکل ۲۲).

در سناریوهای مرجع و خوش‌بینانه، تولید نفت خام شیل تا سال ۲۰۵۰ روند افزایشی داشته و در این سال به ترتیب به ۹٫۶ و ۱۳٫۳ میلیون بشکه در روز می‌رسد. در سناریوی بدبینانه که در آن سرعت توسعه فناوری و وجود ذخایر کمتر در نظر گرفته شده است، روند آن کاهشی بوده و در سال ۲۰۵۰ به ۴٫۸ میلیون بشکه در روز می‌رسد [۲۳]. بنابراین، حتی در سناریو بدبینانه نیز تولید نفت خام شیل پس از حدود ۳۰ سال نزدیک به ۵ میلیون بشکه در روز خواهد بود.

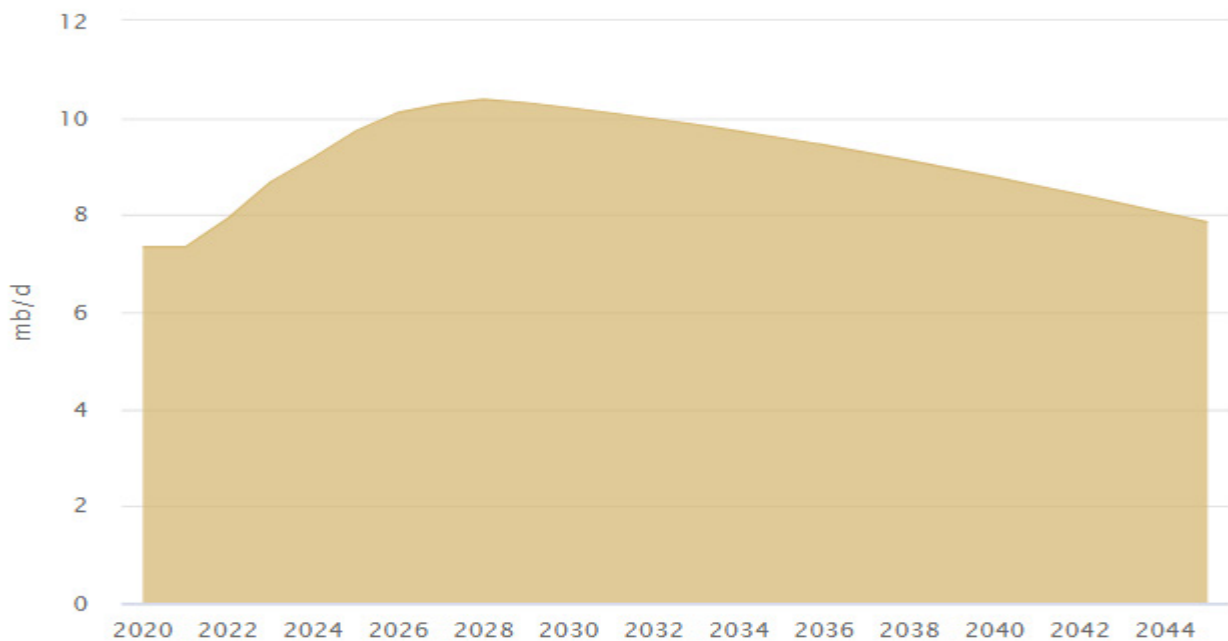
شکل ۲۲. نمودار پیش‌بینی EIA از تولید نفت خام از منابع شیل ایالات متحده



Source: EIA.

اوپک نیز تخمینی برای روند تولید نفت شیل ایالات متحده ارائه داده است که در شکل ۲۳ آمده است. در گزارش «چشم‌انداز نفت جهان ۲۰۲۳» این سازمان پیش‌بینی می‌کند تولید نفت خام آمریکا در حدود سال ۲۰۲۸ به نقطه بیشینه رسیده و عدد ۱۰،۴ میلیون بشکه در روز را ثبت کند. تولید سال ۲۰۴۵ نیز ۷،۹ میلیون بشکه در روز تخمین زده شده است [۲۴].

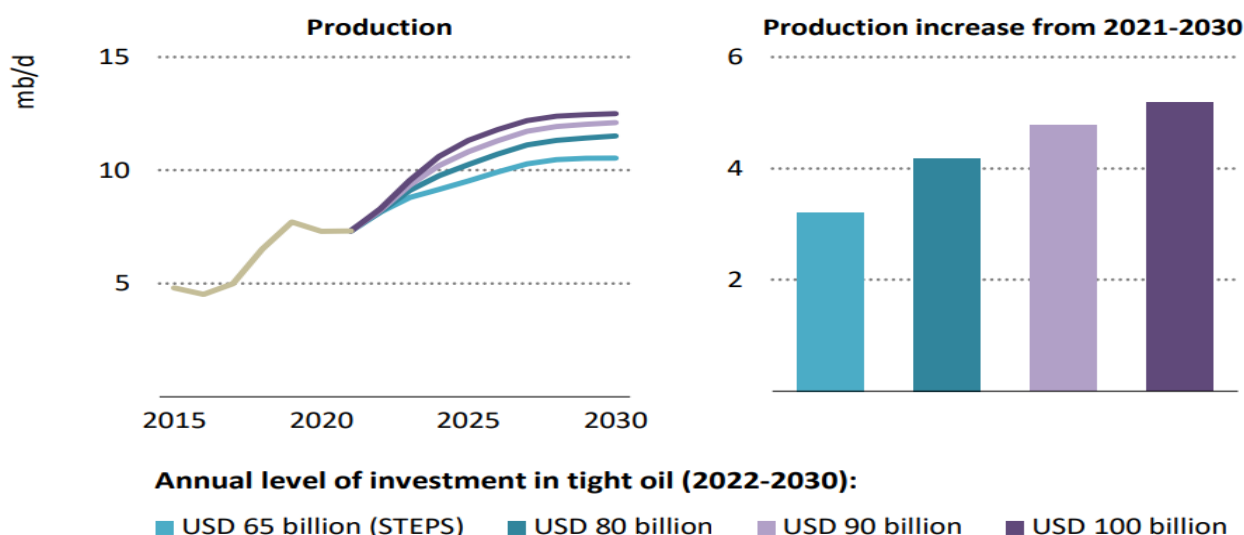
شکل ۲۳. نمودار پیش‌بینی اوپک از تولید نفت خام از منابع شیل ایالات متحده



Source: OPEC.

دیگر نهاد معتبر حوزه انرژی که روند تولید نفت شیل ایالات متحده را پیش‌بینی کرده است آژانس بین‌المللی انرژی است که تا سال ۲۰۳۰ این پیش‌بینی را منتشر کرده است. طبق اطلاعات ارائه شده این مؤسسه در سال ۲۰۲۲، تولید نفت خام آمریکا در سال ۲۰۳۰ در کمترین حالت (سرمایه‌گذاری ۶۵ میلیارد دلاری در این صنعت) به ۱۰٫۷ و در بیشترین حالت (سرمایه‌گذاری ۱۰۰ میلیارد دلاری) به ۱۲٫۸ میلیون بشکه در روز می‌رسد [۲۵]. شکل ۲۴ سناریوهای فوق را در قالب نمودار نمایش می‌دهد.

شکل ۲۴. نمودار پیش‌بینی IEA از تولید نفت خام از منابع شیل ایالات متحده



Source: IEA.

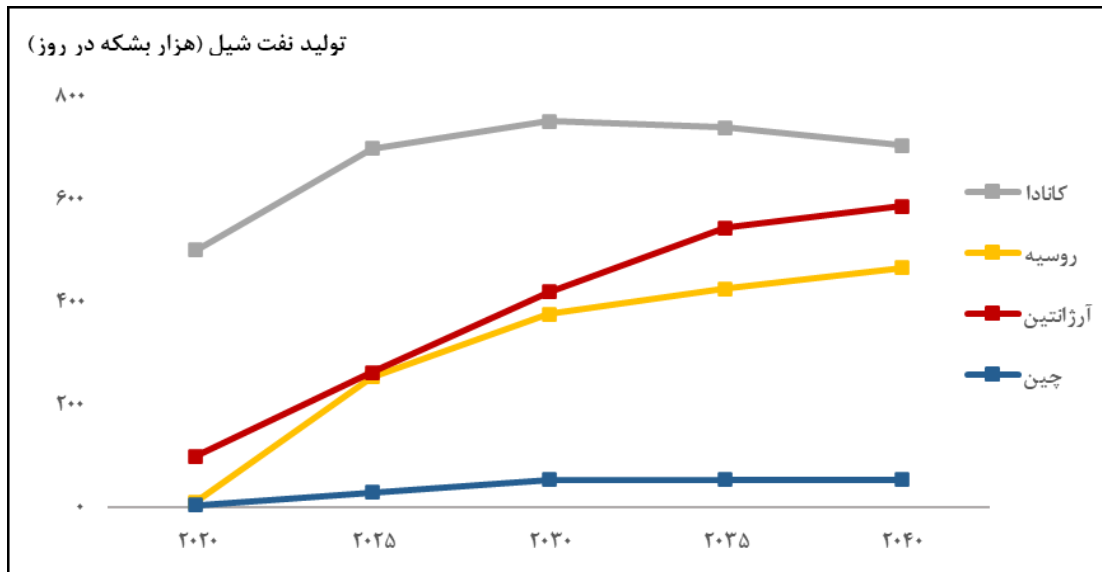
پیش‌بینی‌های ارائه شده این سه مرجع به‌طور خلاصه در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۲. پیش‌بینی تولید نفت خام شیل ایالات متحده

سناریو	سال انتشار	سال اوج تولید	بیشینه تولید (میلیون بشکه در روز)
اداره اطلاعات انرژی آمریکا - سناریوی مرجع	۲۰۲۳	۲۰۵۰	۹٫۶
اداره اطلاعات انرژی آمریکا - سناریوی عرضه زیاد	۲۰۲۳	۲۰۵۰	۱۳٫۳
اداره اطلاعات انرژی آمریکا - سناریوی عرضه کم	۲۰۲۳	۲۰۲۲	۸٫۰
آژانس بین‌المللی انرژی - سناریوی سرمایه‌گذاری زیاد	۲۰۲۲	۲۰۳۰	۱۲٫۸
آژانس بین‌المللی انرژی - سناریوی سرمایه‌گذاری کم	۲۰۲۲	۲۰۳۰	۱۰٫۷
اوپک	۲۰۲۳	۲۰۲۸	۱۰٫۴

پیش‌بینی‌های صورت گرفته برای کشورهای دیگر در مقایسه با آمریکا حجم کمتری از تولید نفت را ارائه می‌دهند و به نظر می‌رسد تولید از منابع شیل در خارج از ایالات متحده قابل توجه نخواهد بود (شکل ۲۵). در اوج تولید پیش‌بینی شده نفت شیل در شکل زیر، نزدیک به ۲ میلیون بشکه در روز نفت در سال ۲۰۴۰ از منابع شیل دیگر کشورها (غیر از ایالات متحده) تولید خواهد شد. بنابراین، با فرض عرضه ۱۰۰ میلیون بشکه‌ای نفت در سال ۲۰۴۰، نفت شیل حدود ۱۰ درصد از عرضه نفت را تشکیل خواهد داد که ۸۰ درصد (۸ درصد کل عرضه نفت) آن هم از منابع شیل آمریکا خواهد بود.

شکل ۲۵. نمودار تولید نفت شیل کشورهای غیر از آمریکا

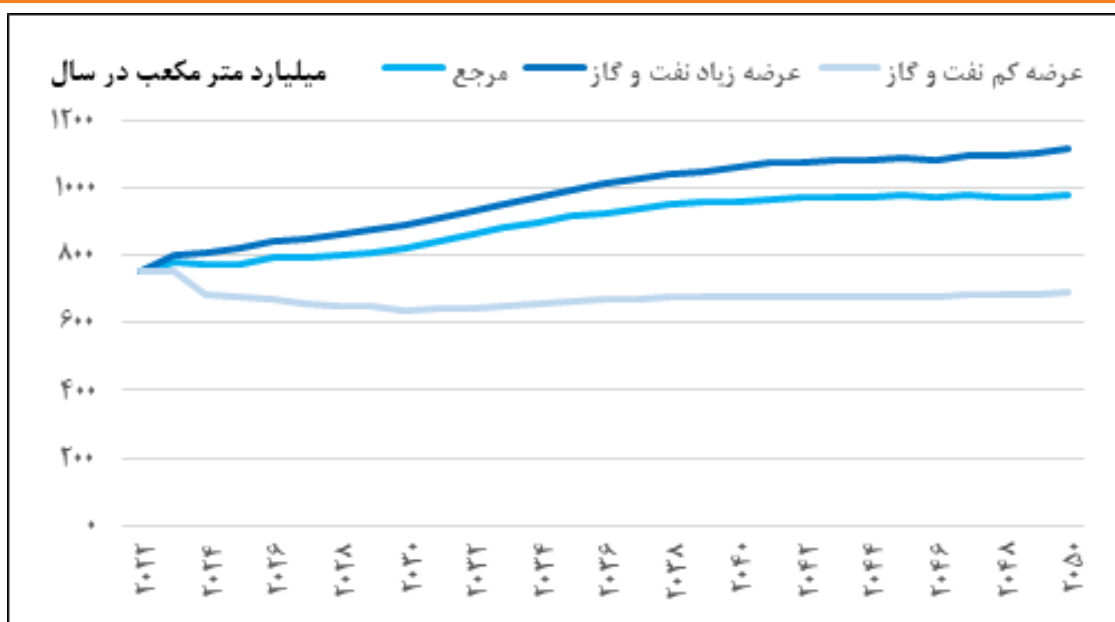


مأخذ: تحلیل نویسنده OPEC, Rystad Energy.

۲-۵. گاز شیل

برای پیش بینی تولید گاز طبیعی از منابع شیلی ایالات متحده به سناریوهای ارائه شده EIA می پردازیم. همانند نفت، در پیش بینی تولید گاز شیل نیز سه سناریو ارائه شده است. در سناریوی خوش بینانه (عرضه زیاد) تولید گاز طبیعی از منابع شیل با سرعت زیادی افزایش یافته و در سال ۲۰۵۰ به ۱۱۱۲ میلیارد مترمکعب می رسد. در سناریوی مرجع، تولید باز هم افزایشی بوده و در سال ۲۰۵۰ به ۹۸۰ میلیارد مترمکعب می رسد. در سناریوی بدبینانه، تولید ابتدا با کمی کاهش نسبت به سال ۲۰۲۲ به ۶۳۵ میلیارد مترمکعب رسیده و سپس با اندکی افزایش به ۶۹۲ میلیارد مترمکعب می رسد. در شکل ۲۶ این سه سناریو نشان داده شده است.

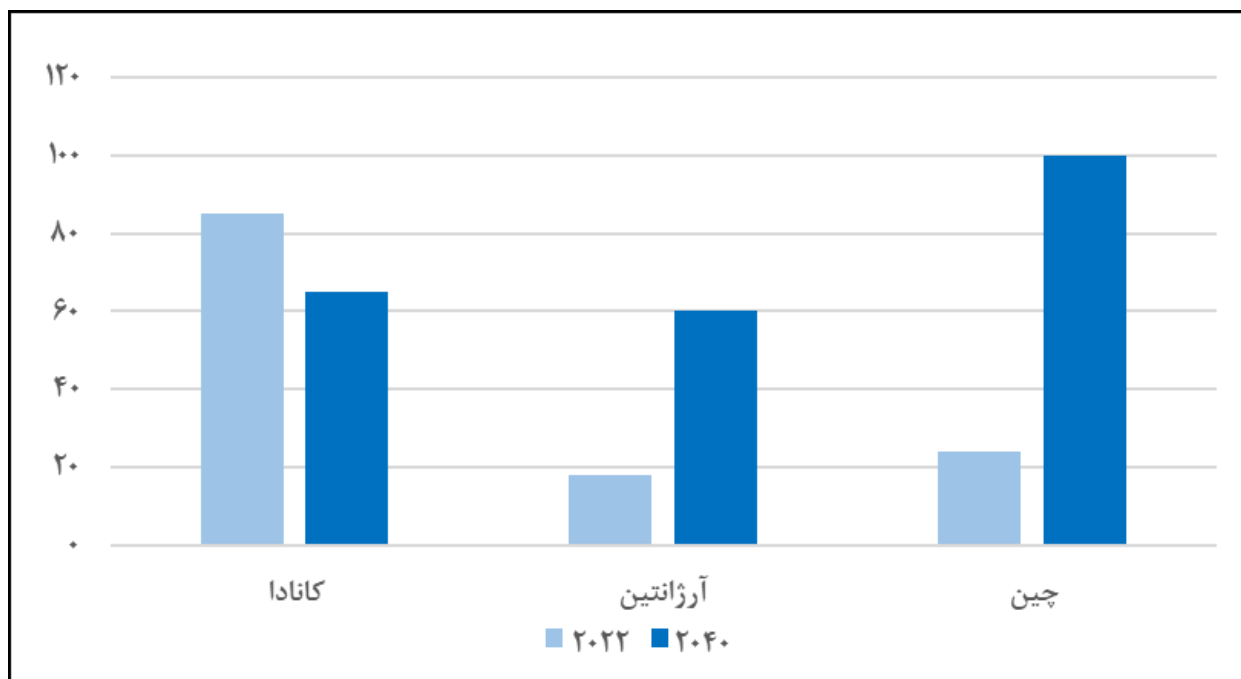
شکل ۲۶. نمودار پیش بینی EIA از تولید گاز طبیعی از منابع شیل ایالات متحده



Source: EIA.

طبق پیش‌بینی مؤسسه ریسستاد انرژی، کشورهای دیگر در تولید گاز طبیعی از منابع شیل بسیار با آمریکا فاصله خواهند داشت. شکل ۲۷ تخمین روند تولید گاز طبیعی از منابع شیل را برای کشورهای منتخب نشان می‌دهد. در این بین بیشترین مقادیر تولید گاز شیل در سال ۲۰۴۰ به چین با تولید حدود ۱۰۰ میلیارد مترمکعب در سال (۲۷۰ میلیون مترمکعب در روز) مربوط است. در مجموع در حال حاضر حدود ۲۱ درصد عرضه گاز در جهان از منابع شیل است و این سهم در دو دهه آینده نیز تقریباً ثابت خواهد ماند.

شکل ۲۷. نمودار تولید گاز طبیعی کشورهای از منابع شیل



مأخذ: تحلیل نویسنده، Rystad Energy.

۶. جمع‌بندی

در این گزارش وضعیت فعلی و پیش‌بینی تولید نفت و گاز از منابع شیل در جهان با تمرکز بر ایالات متحده مورد مطالعه قرار گرفت. آمارها نشان می‌دهد در حال حاضر ایالات متحده با حدود ۸ میلیون بشکه در روز تولید نفت و ۷۵۰ میلیارد مترمکعب در سال تولید گاز طبیعی، بیشترین حجم از تولید شیل دنیا را در اختیار دارد. پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۴۰ نیز این مقادیر حدود ۱۰ میلیون بشکه در روز و ۱ تریلیون مترمکعب در سال خواهد بود و همچنان این کشور بزرگ‌ترین تولیدکننده نفت و گاز شیل دنیا باقی خواهد ماند. کشورهای معدود دیگری که توانسته‌اند از منابع شیل بهره‌برداری کنند عبارت‌اند از کانادا، آرژانتین و چین. در حال حاضر تولید نفت و گاز دیگر کشورهای غیر از ایالات متحده در مجموع به ترتیب حدود ۹۰۰ هزار بشکه در روز و ۱۳۰ میلیارد مترمکعب در سال است که در سال ۲۰۴۰ به حدود ۲ میلیون بشکه در روز و ۲۴۰ میلیارد مترمکعب در سال خواهد رسید. در حال حاضر تولید نفت از منابع شیل حدود ۱۱ درصد از تولید نفت^۱ و تولید گاز شیل حدود ۲۱ درصد از تولید گاز را در جهان تشکیل می‌دهد که تا سال ۲۰۴۰ این مقادیر تغییر چندانی نخواهد داشت.

توسعه صنعت شیل و افزایش عرضه نفت و گاز بر بازار نفت و گاز جهان تأثیر جدی داشته است. بازار صادراتی نفت ایران نیز به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین دارندگان نفت و بازیگران مهم این بازار، در اثر افزایش عرضه جهانی نفت ناشی از تولیدات شیل آمریکا، دچار آسیب‌هایی شده است. توسعه نفت شیل سبب تقویت امکان حذف نفت ایران از بازار و تحریم‌پذیری آن شده است. ایالات متحده راه را برای افزایش سرعت رشد صنعت

۱. نفت خام و میعانات گازی.

نفت شیل با اتخاذ سیاست‌هایی از جمله شروع به حمایت از توسعه فناوری‌های مرتبط از سال‌های گذشته و همچنین لغو ممنوعیت صادرات نفت خام آمریکا و خروج از پیمان آب و هوایی پاریس که دو مورد اخیر در دولت ترامپ انجام شد، هموارتر کرد. در نتیجه بارش قابل توجه تولید از منابع نفتی شیل آمریکا، فرایند حذف نفت ایران از بازار جهانی نفت تسهیل و در اردیبهشت سال ۱۳۹۸ (مه ۲۰۱۹) جدی‌تر شد. این واقعیت در مورد حذف نفت ونزوئلا نیز صادق است. مجموع نفت صادراتی ایران و ونزوئلا پیش از تحریم این دو کشور حدود ۴ میلیون بشکه در روز بود که با افزایش ۳ میلیون بشکه‌ای تولید آمریکا در بازه سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ در کنار افزایش تولید کشورهایمانند عربستان، حذف نفت صادراتی ایران و ونزوئلا تأثیر جدی بر بازار نفت نداشت.

گاز طبیعی تولید شده از منابع شیل نیز تأثیرات قابل ملاحظه‌ای بر بازار گاز گذاشته است که از جمله این تأثیرات می‌توان به کاهش قیمت متوسط ۵۵ درصدی گاز طبیعی در منطقه آمریکای شمالی در اثر افزایش عرضه گاز، افزایش صادرات گاز مایع شده از آمریکا به نقاط مختلف جهان، ایجاد انتخاب‌های جدید برای واردکنندگان گاز و کاهش سهم زغال سنگ در سبد انرژی مصرفی آمریکا اشاره کرد.

با توجه به وجود زیرساخت‌های قابل توجه ال‌ان‌جی در ایالات متحده، این کشور برای انتفاع اقتصادی و سیاسی از این حجم عظیم گاز تولیدی، به صادرات و کمک به توسعه ال‌ان‌جی در کشورهای دیگر اقدام کرده که باعث شده بازار گاز تا حدی از حالت منطقه‌ای بودن خارج شود. لذا کشورهای صادرکننده گاز به‌ویژه روسیه در تعامل با مشتریان خود در موضع ضعیف‌تری نسبت به گذشته قرار گرفته‌اند و این خطر برای ایران و راهبرد تبدیل شدن ایران به مرکز مبادلات (هاب) انرژی منطقه با محوریت تجارت گاز نیز وجود دارد.

در مجموع با توجه به این تهدیدها که از رشد تولید نفت و گاز شیل، ناشی می‌شود باید جمهوری اسلامی در همکاری با دیگر کشورهای صادرکننده نفت و گاز سنتی با ابزارهایی مانند اوپک و مجمع کشورهای صادرکننده گاز و کسب سهم از بازارهای منطقه‌ای در گاز، به حفظ و افزایش سهم خود در بازار انرژی منطقه و جهان بپردازد. در همین راستا، یکی از راهبردهای اصلی کشور در این زمینه، همان‌طور که در برنامه هفتم پیشرفت نیز بدان اشاره شده است، تبدیل شدن ایران به مرکز مبادلات (هاب) انرژی منطقه با محوریت تجارت گاز است که باید با جدیت پیگیری شود.

منابع و مآخذ

- [1] Schlumberger. conventional reservoir. 2022; Available from: https://glossary.slb.com/en/terms/c/conventional_reservoir.
- [2] Ahmed, U. and D.N. Meehan, Unconventional oil and gas resources: exploitation and development, 2016, CRC Press.
- [3] Salygin, V., et al., Global Shale Revolution: Successes, Challenges, and Prospects, 2019, 11(6), p. 1627.
- [4] Le, M.-T.J.H., An assessment of the potential for the development of the shale gas industry in countries outside of North America. 2018. 4(2): p. e00516.
- [5] Reynolds, D.B. and M.P.J.E. Umekwe, Shale-Oil Development Prospects: The Role of Shale-Gas in Developing Shale-Oil, 2019, 12(17), p. 3331.
- [6] EIA, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States, 2013, EIA.
- [7] Policy, F.C.f.P. Canada missing out on shale revolution. 2019 19/12/05]; Available from: <https://troymedia.com/business/canada-missing-out-on-shale-revolution/>
- [8] Rystad Energy. Argentina's Vaca Muerta shale patch could produce 1 million bpd in 2030, but hurdles remain. 2023; Available from: <https://www.rystadenergy.com/news/argentina-s-vaca-muerta-shale-patch-could-produce-1-million-bpd-in-2030-but-hurdle>.
- [9] The forum for shale gas and tight oil production for Argentinian shale plays. 2019 19/12/1]; Available from: <https://www.argentina.shale-production.com/>
- [10] Newbery, C. Total eyes shale oil for growth in Argentina on concern of low gas prices. 2019 19/11/10]; Available from: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/oil/092719-total-eyes-shale-oil-for-growth-in-argentina-on-concern-of-low-gas-prices11> .] Paraskova, T. Is ArA

- gentina's Shale Boom Finally Taking Off? 2019 19/11/3]; Available from: <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/Is-Argentinas-Shale-Boom-Finally-Taking-Off.html>.
- [12] Smith, M. The Rise And Fall Of Colombia's Shale Industry. 2018 19/11/4]; Available from: <https://oilprice.com/Energy/Crude-Oil/The-Rise-And-Fall-Of-Colombias-Shale-Industry.html>.
- [13] Whitelaw, P., et al., Shale gas reserve evaluation by laboratory pyrolysis and gas holding capacity consistent with field data, 2019, 10(1), p. 1-10.
- [14] Critchlow, A. UK bans fracking in blow to onshore gas production hopes. 2019 19/12/6]; Available from: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/natural-gas/110219-uk-bans-fracking-in-blow-to-onshore-gas-production-hopes>.
- [15] LSE. How much shale gas is there in the UK and what is the status of fracking? 2022; Available from: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-potential-reserves-of-shale-gas-are-there-in-the-uk/>.
- [16] Harper, J. Is Polish shale gas the answer to the EU's energy shortage? 2023; Available from: <https://www.dw.com/en/is-polish-shale-gas-the-answer-to-the-eus-energy-shortage>.
- [17] Meredith, S. Russia's Putin says shale oil technologies are 'barbaric'. 2019 25/11/19]; Available from: <https://www.cnbc.com/2019/11/20/russias-putin-says-shale-oil-technologies-are-barbaric.html>.
- [18] Australia aims to replicate US shale revolution in Northern Territory, 2019 17/10/19]; Available from: <https://www.ft.com/content/4111b0c6-4205-11e8-803a-295c97e6fd0b>.
- [19] Wei, D., et al., Where will China's shale gas industry go? A scenario analysis of socio-technical transition. Energy Strategy Reviews, 2022, 44, p. 100990.
- [20] Aizhu, C. PetroChina's Gulong shale project may bolster China's oil output. Available from: <https://www.reuters.com/business/energy/petrochinas-gulong-shale-project-may-bolster-chinas-oil-output-2021-09-30/#:~:text=China%20produces%20only%2035%2C000%20barrels,higher%20and%20better%20quality%20output>.
- [21] Oil Price. China Is Desperate To Boost Shale Gas Production. 2019; Available from: <https://oilprice.com/Latest-Energy-News/World-News/China-Is-Desperate-To-Boost-Shale-Gas-Production.html>.
- [22] Wood Mackenzie. China's gas production to double to 325 bcm in 2040. 2019; Available from: <https://www.woodmac.com/press-releases/chinas-gas-production-to-double-to-325-bcm-in-2040/>.
- [23] EIA. Annual Energy Outlook 2023. 2023.;
- [24] OPEC, World Oil Outlook. 2023, OPEC.
- [25] IEA, World Energy Outlook 2022, 2022, IEA: Paris.



گزیده سیاستی

گزارش حاضر به وضعیت فعلی و پیش‌بینی آینده نفت و گاز شیل (با تأکید به ایالات متحده) و تأثیرات آن بر بازار نفت و گاز جهان پرداخته است.



مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وبسایت: rc@majles.ir